

Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Severino Cervelin

**MELHORIA DA EFICIÊNCIA LUMINOSA**  
ESTUDO DE CASO DO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO  
PARANÁ - CEFET-PR - UNIDADE DE CURITIBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Profa. Dra. Lia Caetano Bastos

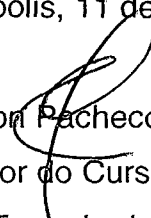
Florianópolis - SC  
Outubro de 2002

Severino Cervelin

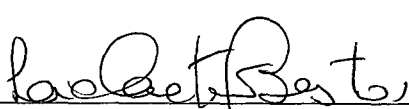
**MELHORIA DA EFICIÊNCIA LUMINOSA**  
**ESTUDO DE CASO DO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO**  
**TECNOLÓGICA DO PARANÁ - CEFET-PR - UNIDADE DE CURITIBA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 11 de outubro de 2002.

  
Edson Pacheco Paladini, Dr.  
Coordenador do Curso de Pós-graduação  
em Engenharia de Produção

BANCA EXAMINADORA

  
Profa. Dra. Lia Caetano Bastos  
Orientadora

  
Profa. Dra. Anita Maria da Rocha Fernandes

  
Profa. Dra. Ana Maria B. Franzoni

## DEDICATÓRIA

À

minha esposa Maria

pelo apoio constante.

A

meus filhos

Rodrigo, Gláucia e Diogo.

## AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa, venho externar o meu muito obrigado.

Em particular:

À minha Orientadora Profa. Dra. Lia Caetano Bastos, pelo apoio e acompanhamento pontual e competente;

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação que contribuíram para o meu enriquecimento cultural, cujas informações recebidas permitiram desenvolver este trabalho;

Ao Diretor de Administração Sr. Paulo Adriano, pela oportunidade e apoio, permitindo utilizar o CEFET-PR, para o desenvolvimento dos estudos;

Aos responsáveis por todos os setores e departamentos do CEFET-PR que deram atendimento durante os estudos e medições;

À Universidade Federal de Santa Catarina e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES;

Aos estagiários Edson, Diogo e Leandro, pelo auxílio nas medições em todas as dependências do CEFET-PR;

Aos Professores, amigos e colegas de trabalho, Pércio Luiz Karam de Miranda, Ayres Francisco da Silva Sorria, Flávio Ney da Silva Franco, Eloi Martins e demais colegas da equipe da CICE e do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.



## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Planilhas.....	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Siglas.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	03
1.3 OBJETIVOS.....	04
1.3.1 Objetivo Geral.....	04
1.3.2 Objetivos Específicos.....	04
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	05
 <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	 <b>06</b>
2.1 CONSUMO DE ENERGIA.....	06
2.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	11
2.2.1 Iluminação.....	12
2.2.2 Iluminância.....	14
2.3 ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES.....	16

2.3.1	Iluminação em Salas de Aula.....	16
2.3.2	Iluminação de Escritórios.....	17
2.3.3	Iluminação de Ambientes de Microcomputadores.....	17
2.3.4	Iluminação de Corredores.....	18
2.4	QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO.....	19
2.4.1	Ofuscamento.....	19
2.4.2	Cor da Fonte de Luz.....	20
2.5	COMPONENTES DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	21
2.5.1	Lâmpadas.....	21
2.5.1.1	Lâmpadas Incandescentes.....	22
2.5.1.2	Lâmpadas Fluorescentes.....	24
2.5.1.3	Lâmpadas Fluorescentes Compactas.....	26
2.5.2	Reatores.....	28
2.5.3	Luminárias.....	32
2.5.4	Curvas de Distribuição.....	34
2.5.5	Refletância.....	36
2.5.6	Sistemas de Controle.....	37

### **3 METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE**

	<b>CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>41</b>
3.1	DIAGNÓSTICO DO AMBIENTE.....	41
3.1.1	Procedimentos para Levantamento de dados.....	42
3.1.2	Avaliação dos Índices de Iluminação Artificial .....	50
3.2	ESTUDO DE ALTERNATIVAS.....	51
3.2.1	Escolha da Lâmpada.....	51

3.2.2	Escolha de Luminárias e Reatores.....	52
3.3	ELABORAÇÃO DE UM NOVO PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	53
3.3.1	Cálculo da Iluminação Elétrica.....	54
3.3.2	Método dos Lumens.....	55
3.4	AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO	58
3.4.1	Dados do Ambiente.....	58
3.4.2	Cálculo do Consumo Total.....	59
3.4.3	Cálculo da Economia com o Novo Sistema .....	59
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>60</b>
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS DO AMBIENTE EXISTENTE.....	62
4.1.1	Iluminância Média do Ambiente Existente.....	63
4.2	LEVANTAMENTO DE DADOS PARA O AMBIENTE EFICIENTE .....	65
4.2.1	Escolha dos Componentes para o Sistema Eficiente.....	67
4.2.2	Cálculo do Fator de Utilização.....	67
4.2.3	Cálculo do Número de Luminárias.....	68
4.3	AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO	70
4.4	CÁLCULO DO CONSUMO TOTAL.....	71
4.4.1	Cálculo do Consumo Total do Ambiente Existente .....	71
4.4.2	Cálculo do Consumo Total com o Novo Sistema... ..	71
4.4.3	Cálculo da Economia com o Novo Sistema.....	72
4.5	ESTIMATIVA DE ILUMINAÇÃO PARA TODA A UNIDADE DE CURITIBA	73

<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>75</b>
5.1 CONCLUSÕES.....	75
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	78
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	 <b>80</b>
 <b>ANEXOS.....</b>	 <b>86</b>
ANEXO I - Decreto 4.131, 14/02/2002.....	87
ANEXO II – Decreto ..3818 de 15/05/2201.....	89
ANEXO III - Levantamentos dos ambientes.....	92

## Lista de Figuras

Figura 01 - Iluminação geral.....	13
Figura 02 - Iluminação localizada.....	13
Figura 03 - Partes principais de uma lâmpada incandescente .....	23
Figura 04 - Lâmpada fluorescente convencional.....	24
Figura 05 - Lâmpada fluorescente compactas.....	26
Figura 06-a - Luminárias convencionais.....	33
Figura 06-b - Luminárias reflexivas.....	33
Figura 07-a - Luminárias convencionais.....	33
Figura 07-b - Luminárias reflexivas.....	33
Figura 08 - Classificação das luminárias pela CIE.....	35
Figura 09 - Luminária utilizando o teto escuro para reflexão da luminosidade....	43
Figura 10 - Luminária suja e com os lados já escurecidos.....	44
Figura 11 - Analisador de energia para verificação de resultados.....	47
Figura 12 - Distribuição das luminárias para uma sala de aula existente.....	48
Figura 13 - Luxímetro fixado sobre uma banqueta com a mesma altura do plano de trabalho.....	49
Figura 14 - Distribuição das luminárias e os pontos para a medição da iluminância (em lux) para uma sala de aula existente.....	50
Figura 15 - Luminária sem manutenção, cujo refletor de alumínio está dobrado no mesmo formato da luminária e fixado sobre a mesma.....	53
Figura 16 - Luminária com refletor de alumínio.....	54
Figura 17 - Dados da luminária com os Fatores de Utilização ( LITR).....	57
Figura 18 - Planta de situação com a distribuição de todos os blocos.....	60
Figura 19 - Distribuição das luminárias no ambiente existente.....	63
Figura 20 - Sistema de iluminação convencional existente.....	65
Figura 21 - Sistema de iluminação de alto rendimento.....	65
Figura 22 - Distribuição das luminárias e níveis de iluminância (em lux) para Uma de aula após a troca das luminárias.....	69

## Lista de Planilhas

Planilha 01 – Identificação do Ambiente.....	44
Planilha 02 - Dados do ambiente existente.....	58

## Lista de Tabelas

Tabela 01 - Perfil de consumo em prédios públicos e comerciais com e sem equipamentos de condicionamento de ar.....	06
Tabela 02 – Consumo médio de energia elétrica por uso final em escolas e faculdades norte-americanas .....	07
Tabela 03 – Consumo de energia elétrica em iluminação.....	08
Tabela 04 – Redução do consumo com utilização de sistemas eficientes.....	08
Tabela 05 - Quadro resumo do potencial de conservação de energia elétrica em uso de iluminação. ....	08
Tabela 06 – Potência instalada em iluminação com o uso de sistemas eficientes.	09
Tabela 07 – Potência instalada em outros países.....	09
Tabela 08 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais.....	15
Tabela 09 - Fatores determinantes da iluminância.....	15
Tabela 10 - Características de lâmpadas.....	22
Tabela 11 - Quadro comparativo de valores entre das lâmpadas fluorescentes compactas e incandescentes.....	27
Tabela 12 - Potência média de perdas em reatores para lâmpadas fluorescentes	28
Tabela 13 - Perdas de energia em reatores (W).....	29
Tabela 14 - Refletâncias.....	36
Tabela 15 - Refletâncias.....	36
Tabela 16 - Refletâncias.....	37
Tabela 17 -Tempo de ocupação de ambiente.....	38
Tabela 18 - Detetores de presença: Potenciais de conservação.....	39
Tabela 19 - Dados do ambiente.....	56
Tabela 20 – Ambiente de atividades por bloco.....	61
Tabela 21 - Dados do ambiente.....	67
Tabela 22 - Luminárias existentes no Cefet-PR.....	74

## Lista de Siglas

CEFET-PR	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná
FCCC	Framework Convention on Climate Change
GE	Gases Estufa
ONS	Operador Nacional do Sistema
PIB	Produto Interno Bruto
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	Diodo Emissor de Luz
DHT	Distorção de Harmônica Total



## RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para a realização de *retrofit* em sistemas de iluminação elétrica, para determinar o potencial de conservação de energia elétrica em iluminação. Os dados levantados neste trabalho possibilitaram determinar o potencial de conservação de energia elétrica em iluminação, bem como a análise estatística final. Todos os valores obtidos foram tabulados para estimar o potencial de conservação da instalação, a partir da análise comparativa dos seus índices, com publicações especializadas, ou outros diagnósticos energéticos. Dentro desta filosofia, com as tecnologias atualmente disponíveis, capazes de economizar cerca de duas vezes mais eletricidade do que era possível há cinco anos, procura-se alcançar o melhor aproveitamento de energia elétrica e combater o desperdício, agregando eficiência e conforto ao usuário. O estudo de caso e a aplicação prática da metodologia foram realizados em todos os setores, no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná CEFET-PR, Unidade de Curitiba, Paraná. O maior consumo da unidade é em iluminação, correspondendo a 80% da fatura de energia, e a adoção de tecnologias energeticamente eficientes permitirá a redução do consumo, com iluminação em aproximadamente 20%.

## ABSTRACT

This work presents a methodology for the achievement of retrofit in electric illumination systems, to determine the electric energy conservation potential to end users. All data raised in this work made possible to determine the electric energy conservation potential of each end users, as well as the final statistics analysis. Every values obtained were tabulated to estimate the potential of installation conservation, from the comparative analysis of their indexes, with specialized publications or other energetics diagnosis. Within this philosophy, with the available technologies nowadays to save around twice as much electricity than it was possible five years ago, we are trying to improve the use of electric energy and to fight against waste, associating efficiency and comfort to the user. The studied case and the practical application of methodology were done in all departments at Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), Curitiba's unit. The largest consumption in this unit is in illumination, which means 80% in the energy account and the adaption of efficient energetical technologies will allow the reduction of consumption in 20%.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento excessivo do consumo de energia elétrica vem apresentando taxas superiores às da economia, começando a preocupar os responsáveis pelos setores de produção, distribuição e controle da energia elétrica do País. As relações entre o mercado de energia elétrica, o consumo global dela, o crescimento econômico e a política industrial são complexas em função do processo e do estágio de desenvolvimento econômico brasileiro, obrigando o setor elétrico a formular metodologias próprias para avaliar a evolução do mercado e, assim, propor novas medidas para a redução do consumo, sobretudo no que diz respeito ao desperdício de energia, ou ainda, se necessário e isto for possível, o aumento de produção energética (ELETRICIDADE MODERNA, 2000).

Há também que considerar que a geração de energia elétrica provém, predominantemente, de usinas hidroelétricas, cujos reservatórios hídricos, não constantes, dependem fundamentalmente das variações pluviométricas e outros fatores naturais.

E embora a existência do grande potencial hidroelétrico, ainda, a aproveitar (ELETROBRÁS, 1999), já deveria existir um planejamento estratégico de programa de transição, como o de usinas termoelétricas, eólicas, nucleares ou movidas à força das marés. Isto exige pesquisas, nas quais o desenvolvimento de metodologias e capacitação de engenharia e da indústria nacional viriam propiciar uma expansão energética econômica e ambientalmente viável.

A realidade energética brasileira atual, após as privatizações ocorridas durante o governo Fernando Henrique Cardoso, parece ter sofrido um agravamento devido à falta de políticas de investimento na geração e distribuição de energia por parte das concessionárias compradoras (OLIVEIRA, 2001).

Contudo, o combate ao desperdício de energia elétrica foi constante. Sempre foram desenvolvidas campanhas de conscientização pelo Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL) e pelas concessionárias de energia elétrica. Mas diante de uma crise energética tão grave como a que vem ocorrendo desde 2001, atingindo principalmente as regiões Sudeste, Leste, Nordeste e Centro-Oeste, parece ter contribuído muito para conscientizar a população.

Em contrapartida, precisa-se buscar soluções para a curto, médio e longo prazo, investir, sobretudo, em ações que promovam o aumento da eficiência do uso de energia, com intervenção junto às instalações consumidoras.

Para analisar a viabilidade técnica e econômica dessas ações é preciso realizar um diagnóstico energético, determinando a forma com que a energia elétrica está sendo utilizada, permitindo propor soluções que aumentem a eficiência dos sistemas analisados, bem como calcular os respectivos potenciais de conservação nos locais em que a energia vai ser utilizada. Conhecidos esses potenciais, é possível analisar a viabilidade econômica das soluções propostas, devendo ser implementadas aquelas que apresentarem maiores vantagens técnicas e econômicas.

E essa é a proposta para desenvolver esta dissertação, ou seja, estabelecer um procedimento metodológico para diagnosticar o potencial de

conservação de energia elétrica, em ambientes de trabalho, e propor soluções que visem a reduzir o consumo de energia. E o ambiente de trabalho escolhido para aplicação prática, ou seja para estudo de caso, é o Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR, Unidade de Curitiba.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Segundo estudo elaborado pela ELETROBRÁS (1994), a partir do período conhecido como milagre brasileiro (1968 – 1973), ocorreu expressiva expansão da economia, com aumento da renda *per capita* nacional e conseqüente aumento do consumo *per capita* de energia elétrica. Este mesmo quadro se repetiu na década de 1970 a 1980, trazendo como conseqüência um grande salto (17% para 28%) na geração de energia elétrica, sendo que a elasticidade-renda nesse período foi de 1,37%. A partir de 80, o consumo de energia elétrica foi impulsionado pela maturação dos projetos industriais previstos no II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), iniciados a partir do final dos anos 70. Em 1990, o consumo de energia elétrica por unidade do PIB chegou a atingir 0,326 kWh/US\$ e o consumo *per capita* de energia elétrica alcançou 1.510 kWh/hab., com 37% de participação da energia elétrica no balanço energético nacional e elasticidade-renda de 3,71% (ELETROBRÁS, 1999).

As fontes de produção de energia são limitadas e mesmo a água, embora pareça ser fonte renovável e por isso inesgotável, sabe-se que sofre variações pluviométricas e por vezes calamitosas como foi a experiência por que o Brasil passou mais precisamente em 2001.

Em parte foi essa ocorrência que motivou a elaboração deste trabalho, mais voltado a explorar o potencial de energia utilizado em um ambiente específico, o da iluminação em prédio público de ensino, adequando-o a um aproveitamento mais econômico da energia fornecida.

Parece ser este fato, por si só, motivo bastante para justificar a realização deste trabalho, cuja importância consiste em elaborar uma metodologia eficiente aplicável em qualquer instituição pública de ensino, para a melhoria da eficiência luminosa, sem desperdício e conseqüentemente ser mais econômica a utilização, além de atender as exigências do Decreto nº 4.131, de 14 de fevereiro de 2002 (Anexo I).

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um procedimento metodológico visando à reforma do sistema de iluminação de prédios públicos de ensino, a fim de promover a melhoria da eficiência luminosa.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Na procura dos resultados pretendidos, esta dissertação se propõe a atingir os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar as condições da iluminação existente no CEFET-PR;

- Propor a implantação de sistema de iluminação energeticamente mais eficiente, combatendo o desperdício e agregando eficiência; e
- Aplicar e avaliar o método desenvolvido, no CEFET-PR – Unidade de Curitiba.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação compõe-se de 5 capítulos.

O capítulo 1, além das considerações iniciais, contém a justificativa do trabalho, seus objetivos e sua estrutura.

No segundo capítulo são apresentados os principais conceitos, cujo conhecimento é fundamental para esta pesquisa.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia para se determinar o potencial de conservação de energia elétrica em iluminação.

O quarto capítulo abrange o estudo de caso, ou seja iluminação e consumo de energia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR, Unidade de Curitiba, com a aplicação do diagnóstico energético no que diz respeito à iluminação incandescente e fluorescente.

O quinto capítulo apresenta as conclusões obtidas neste trabalho, bem como propor recomendações para futuros trabalhos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Todo ambiente de trabalho precisa estar adequadamente iluminado de modo a permitir a execução de tarefas para as quais se destina. O objetivo de um sistema de iluminação é justamente proporcionar essa iluminação de modo eficiente, evitando desperdícios.

Neste contexto são apresentados conceitos referentes ao consumo de energia, sistema de iluminação, iluminação de ambientes, qualidade da iluminação bem como a descrição dos componentes de um sistema de iluminação. Tais conceitos permitem melhor compreensão das variáveis envolvidas em sistemas de iluminação e conseqüentemente sua otimização.

### 2.1 CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia, em uma edificação, pode ocorrer de diferentes formas de uso, como por exemplo iluminação, equipamentos de escritório, ventilação, refrigeração, entre outros.

A Tabela 01 apresenta o consumo de eletricidade em edifícios comerciais e públicos, avaliados para instalações com e sem ar condicionado.

Tabela 01 - Perfil de consumo em prédios públicos e comerciais com e sem equipamentos de condicionamento de ar.

Uso Final	Com Condicionamento de Ar	Sem Condicionamento de Ar
Iluminação	24%	70%
Ar Condicionado	46%	-
Elevadores	15%	14%
Equip. de Escritório	15%	16%
TOTAL	100%	100%

Fonte: PROCEL (1988).



O consumo de energia em Escolas e Faculdades (6000 edifícios) segundo pesquisa realizada nos Estados Unidos (TOLEDO, 1995), sujeitos a 5 diferentes regiões climáticas, distribui-se conforme a Tabela 02.

Tabela 02 – Consumo médio de energia elétrica por uso final em escolas e faculdades norte-americanas.

<b>Uso Final</b>	<b>Escolas</b>	<b>Faculdades</b>
Iluminação	69%	53%
Ar Condicionado	14%	39%
Outros	17%	8%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: AUTOR

No Brasil, existem diversas classes de consumo de energia estabelecidas pelo Ministério das Minas e Energia (1994), a saber: setor comercial, residencial, industrial, iluminação pública, serviço público e rural.

As Instituições Federais de Ensino Superior, devido à sua complexidade organizacional, estão compreendidas no setor comercial que engloba atividades como comércio varejista e atacadista, serviços comunitários e sociais, ensino e cooperativas, dentre outras, dividindo-se, quanto à grande área de edificações, nos seguintes subsetores: bancos, supermercados, hospitais, escolas, universidades e hotéis (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1994).

Considerando a totalidade de consumo de energia no Brasil, o setor comercial participa com 5,8%. Levando-se em conta apenas o consumo de energia elétrica, que corresponde a 94,2% do consumo energético do setor comercial, este participa com 13,8% do consumo final de eletricidade (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2000).

A iluminação é um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica em edificações, principalmente aquelas condicionadas artificialmente ( GHISI, 1997). Além disso, é nessa forma de uso final em que se consegue

obter maior redução no consumo devido aos avanços tecnológicos ocorridos nos componentes dos sistemas de iluminação.

A Tabela 03 apresenta o consumo de energia elétrica, em iluminação, para diferentes países.

Tabela 03 – Consumo de energia elétrica em iluminação.

<b>País</b>	<b>% Utilizada em Sistema de Iluminação</b>
Estados Unidos	20 a 25% (IAEEL, 1995)
México	30% (BANDALA, 1995)
China	20% (KOREAN NATIONAL TEAM, 1996)
Brasil	24% (ABILUX, 1995)

Fonte: AUTOR

Com a implantação de sistemas de iluminação energeticamente eficientes, pode-se obter redução do consumo de energia, conforme mostrado na Tabela 04.

Tabela 04 – Redução do consumo com utilização de sistemas eficientes.

<b>Locais</b>	<b>% de Redução no Consumo</b>
Grécia	20 A 30% (SANTAMOURIS, 1995)
Brasil	23% (GUELLER, 1988)
USP	36% (ROMERO, 1994)
Edifícios Comerciais	40% (EPRI, 1993)

Fonte: AUTOR

A Tabela 05 apresenta o potencial de conservação de energia elétrica em iluminação, onde o setor residencial foi o que teve a maior redução no potencial de conservação seguido pelo comercial e industrial, deixando o setor público com o pior desempenho.

Tabela 05 - Quadro resumo do potencial de conservação de energia elétrica em uso de iluminação.

<b>Classe de Consumo</b>	<b>Potencial de Conservação (GWh)</b>	<b>Redução de Demanda (GW)</b>
Residencial	15 758,5	9,0
Comercial	10 149,0	2,2
Industrial	5 478,8	1,0
Iluminação Pública	5 632,2	0,4
Serviço Público	2 153,1	0,4
Rural	-	-
Total	39 171,6	13

Fonte: ELETROBRÁS (1999).

Já a Tabela 06 apresenta a potência instalada em iluminação ( $\text{W/m}^2$ ), com aplicação de sistemas eficientes de iluminação.

Tabela 06 – Potência instalada em iluminação com o uso de sistemas eficientes.

<b>Autor</b>	<b>Edifícios Comerciais <math>\text{W/m}^2</math></b>	<b>Escritórios <math>\text{W/m}^2</math></b>	<b>Salas de Aula <math>\text{W/m}^2</math></b>
CADDET, 1995	10 a 15		
GHISI, 1995	9		
OTTOSSON E WIBOM, 1995		23	
LOMARDO, 1988		40	
ASHEAE/IES, 1989			21,5
BOGO, 1996			10 a 17,3

Fonte: AUTOR

A Tabela 07 apresenta a potência instalada em outros países, tendo como referência a potência e a área a ser iluminada.

Tabela 07 – Potência instalada em outros países.

<b>País</b>	<b>Escritório <math>\text{W/m}^2</math></b>	<b>Salas de Aula <math>\text{W/m}^2</math></b>	<b>Autor</b>
CALIFÓRNIA	17	21	CALIFORNIA ENERGY COMISSION, 1992
MÉXICO	22	15	BANDALA, 1997
ESTADOS UNIDOS	10	15	ROSENFELD, 1996

Fonte: AUTOR

Em termos de consumo de energia total por área construída, a Unidade de Curitiba do CEFET-PR apresenta um consumo mensal de  $4,87 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{mês}$  em 2000.

Para fins de comparação, cita-se um levantamento realizado na Universidade de São Paulo, Campus Armando Sales de Oliveira, que apresentou valores variando na faixa de  $4,05 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{mês}$  em 1981 a  $5,08 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{mês}$  em 1991 (ROMERO 1994).

No Brasil, verifica-se a falta de normatização adequada, que limite o consumo de energia em valores mínimos. Na ausência de padrões de consumo recomendáveis ou permitidos, inexiste forçosamente uma real necessidade de se empreender esforços no sentido de haver maior eficiência energética em edificações.

Uma iniciativa do Governo no sentido de promover medidas de conservação de energia elétrica foi a instituição do Decreto Presidencial de 99656/1990, que limita em 600 mil kWh o consumo de energia em órgãos da administração federal. A partir deste limite, devem ser implementadas medidas que resultem em maior eficiência no uso de energia elétrica.

Através da conservação de energia, auferem-se benefícios diversos, sendo um dos principais a redução dos investimentos em geração (GUELLER, 1994).

Quanto ao consumo de eletricidade, a Região Sul ocupa percentualmente a terceira posição, com 15,5% do consumo brasileiro de eletricidade, seguindo a Região Sudeste (58%) e a Região Norte (16,3%). No entanto, analisando-se o consumo *per capita*, a Região Sul ocupa a segunda posição, apresentando um consumo de 1033 kWh/hab, seguindo unicamente o Sudeste (1828kWh/hab).

Em vista dos dados apresentados, percebe-se a necessidade de se promover maior eficiência no uso de energia elétrica, atuando-se, por um lado, diretamente nos equipamentos demandadores de energia, por outro, na conscientização dos usuários quanto a uma melhor utilização da energia elétrica.

## 2.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Segundo GHISI (1997), as lâmpadas são os únicos componentes do sistema de iluminação que podem converter energia elétrica em luz visível. Porém, para que esta luz possa ser produzida e adequadamente distribuída é necessário utilizar, respectivamente, reatores (*dependendo da lâmpada utilizada*) e luminárias que são os componentes auxiliares do sistema de iluminação.

As luminárias servem para direcionar e distribuir a luz para a superfície de interesse. Consistem de uma cavidade onde se localiza o refletor (*que deverá maximizar o aproveitamento de luz produzida pela lâmpada*), de componentes para fixação das lâmpadas e de espaço para os reatores. Uma luminária não produz economia de energia diretamente, mas contribuirá para a economia através da otimização de performance de cada um de seus componentes.

As lâmpadas são o maior foco de melhoria da conservação eficiente de energia elétrica em luz. O avanço tecnológico e o crescente interesse em conservar energia elétrica resulta na invenção de diferentes tipos de lâmpadas que servem para diferentes usos e aplicações. Lâmpadas eficientes economizam energia através da sua alta eficiência luminosa e da manutenção do fluxo luminoso durante a sua vida (PILOTTO NETO, 1980).

Os reatores são acessórios necessários à operação das lâmpadas de descarga. Através de maior indutância, capacitância e/ou resistência, os reatores limitam a corrente elétrica ao valor necessário para operação adequada da lâmpada e também para produzir a ignição. Para obter o máximo desempenho em sistemas de iluminação é essencial o uso de reatores com

baixas perdas (*alto fator de potência*) ou alta frequência de operação (ALVAREZ, 1998).

### 2.2.1 Iluminação

Na técnica da iluminação de interiores com luz elétrica, deve-se considerar a qualidade da iluminação, que se refere à escolha do tipo adequado de lâmpada, sua distribuição e localização visando a obter boa uniformidade no aclareamento, bem como a orientação do feixe de luz, a fim de que incida de modo correto sobre o plano de trabalho.

Na iluminação elétrica, além da qualidade da luz elétrica, deve-se considerar também a quantidade de luz que se refere aos níveis de iluminamento, que deve permitir a realização da tarefa visual com um máximo de rapidez, exatidão, facilidade e comodidade, despendendo o mínimo de esforço. A grande vantagem da iluminação artificial é permitir o desenvolvimento dos trabalhos sem limitações de horário, principalmente durante a noite. Sua utilização como complemento da luz natural faz com que a claridade chegue até os locais mais distantes das janelas, bem como mantém um nível de iluminamento durante todo o tempo, independente das variações que ocorram com a luz do dia.

Além disso, deve-se considerar a iluminação geral e a iluminação localizada.

Quanto à iluminação geral, esta proporciona a iluminância horizontal sobre a área total, com um certo grau de uniformidade. A iluminância média deve ser igual à iluminância requerida para a tarefa específica. A iluminância geral é

obtida por uma distribuição regular de luminárias sobre a área total do teto ou por um número de linhas de luminárias distanciadas regularmente (Figura 01), de maneira que a maior parte do fluxo luminoso atinja o plano de trabalho (PHILIPS, 1981).

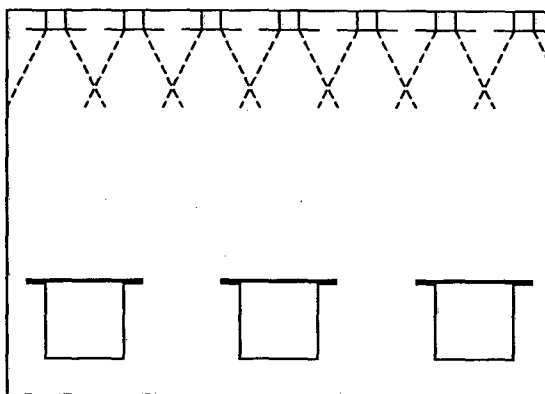


Figura 01 - Iluminação Geral.

Fonte: ABILUX (1992).

Quanto à iluminação localizada, ela é utilizada em locais em que há necessidade de se produzir um iluminamento suficientemente elevado, para o desenvolvimento de atividades de precisão (Figura 02).

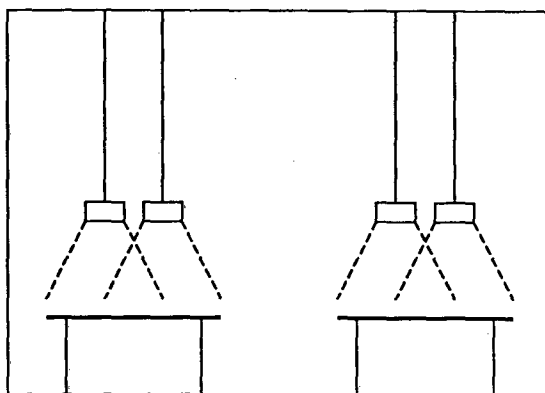


Figura 02 - Iluminação localizada.

Fonte: ABILUX (1992).

A iluminação local é recomendada (ABILUX, 1992):

- Quando há necessidade de se obter maior conforto, visual confortável em interiores, geralmente não usados para o trabalho;
- Onde há funcionário com deficiência visual ou pessoas mais idosas;
- No trabalho que envolve tarefas visuais muito criteriosas;
- Sempre que a visão de forma ou textura exige que a luz incida de uma direção em particular; e
- Quando a iluminância, devido a obstruções, não atinge certas áreas.

### 2.2.2 Iluminância

Para dimensionar o sistema de iluminação adequado, é importante avaliar as necessidades desta tarefa para compreender suas características.

O principal objetivo da iluminação de ambientes de trabalho é permitir que a atividade visual se faça de forma confortável, sem dificuldades e com segurança, além de garantir o menor consumo possível aliado à maior eficiência do sistema.

O nível de iluminância (Tabela 08) é baseado em tabelas elaboradas mediante dados práticos, em função do local e das diferentes tarefas visuais que neles se desenvolvem. Considerado o mais importante na especificação do sistema de iluminação, o nível de iluminância corresponde à iluminância que deve ser mediada no plano de trabalho, isto é no local onde são desenvolvidas as atividades.

Quando este não for definido, considera-se um plano horizontal a 0,75m do piso, recomendando-se que a iluminância, em qualquer ponto do plano de trabalho, não seja inferior a 70% da iluminância média determinada (ABNT, 1991).



Tabela 08 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais.

Classe	Iluminância (lux)	Atividade
Iluminação Geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20-30-50	Áreas públicas com arredores escuros
	50-75-100	Orientação simples para permanência curta
	100-150-200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200-300-500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
Iluminação geral para área de trabalho	500-750-1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000-3000-5000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000-3000-5000	Tarefas exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000-7500-10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000-15000-20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: ABNT – NBR-5413 – NB-57 (1991).

Na determinação dos níveis de iluminância, deve-se considerar a idade do usuário, velocidade do desempenho visual e refletância da tarefa em relação ao fundo. Tais características devem ser analisadas pelo projetista e atribuir os pesos constantes na tabela 09. Será utilizada a menor iluminância apresentada na tabela 08, quando a soma dos valores da tabela 09 for igual a -2 ou -3. Usar a iluminância média, quando a soma for igual a -1, 0 ou 1. Utilizar a maior iluminância, quando o valor da soma for igual a 2 ou 3, conforme a ABNT (1991).

Tabela 09 - Fatores determinantes da iluminância.

Características da tarefa e do observador	Peso -1	Peso 0	Peso +1
Idade	Inferior a 40 anos.	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Reflectância <sup>1</sup> do fundo da tarefa	Superior a 70%	30% a 70%	Inferior a 30%

Fonte: ABNT – NBR-5413 – NB-57 (1991).

<sup>1</sup> Reflectância é a relação entre luz refletida e a luz incidente da superfície (ALVAREZ, 1998).

## 2.3 ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES

A iluminância, recomendada para o desenvolvimento de tarefas visuais e de execução nos ambientes de trabalho, deve permitir que a atividade visual se faça de forma confortável, sem dificuldades e com segurança, além de garantir o menor consumo possível aliado à maior eficiência do sistema, sempre levando em consideração o bem-estar dos usuários.

### 2.3.1 Iluminação em Salas de Aula

A iluminação em sala de aula deve servir para atividades como escrita e leitura, sempre desenvolvida confortavelmente de acordo com as necessidades particulares.

A iluminância recomendada para iluminação de escolas, para uso em salas de aula, estabelecida pela NB-57, é no mínimo 300 lux, para usuários com idade inferior a 40 anos, em que a velocidade e a precisão de execução da tarefa visual sejam importantes e em que a reflectância de fundo de tarefa esteja entre 30% a 70%.

Determina, também, que se verifique uma iluminância de 500 lux no quadro-negro, observando-se se a luz incidente no mesmo não está criando reflexos prejudiciais à leitura em nenhum ponto da sala; caso necessário deve-se colocar iluminação complementar.

Para IESNA (1995), as reflectâncias recomendadas para as salas de aula são:

- piso entre 30% a 50%;
- paredes 40% a 60%;
- teto de 70% a 90%;

- quadro-negro inferior a 20%; e
- tarefa entre 35% a 50%.

### 2.3.2 Iluminação de Escritórios

Segundo PHILIPS (1981), nos grandes escritórios há uma versatilidade muito grande na movimentação de móveis e deslocamento de divisórias; mas, independente do esquema do escritório, todas as áreas devem estar adequadamente iluminadas.

O sistema de iluminação deve ser confortável e estimulante para o bem-estar e desempenho dos seus usuários. O efeito visual criado em um escritório depende da variação da cor e da luminância percebida, obtida através da variação da refletância da cor ou da iluminância da superfície. A cor do ambiente pode afetar o desempenho do usuário, sem que ele tenha consciência deste efeito, caso permaneça no mesmo ambiente por longo período de tempo.

Segundo a IESNA (1995), a refletância recomendada para escritórios no piso é de 20% a 40%, nas paredes a refletância é de 50% a 70%, no teto é superior a 80%, nos móveis é de 25 a 45%, e nas divisórias a refletância é de 40% a 70%.

### 2.3.3 Iluminação de Ambientes com Microcomputadores

Em ambientes com microcomputadores, o posicionamento da tela é muito importante para o bom desempenho do usuário e aproveitamento do sistema de iluminação, evitando o ofuscamento direto refletido na tela.

Em escritórios maiores, os computadores ocupam diferentes lugares, em função da necessidade do ambiente ou devido ao *lay-out* estabelecido, fazendo com que o sistema de iluminação venha a afetar a visibilidade da tela. Assim, divisórias atrás da tela podem aliviar as reflexões no vídeo, e divisórias locadas na frente da tela podem limitar o ofuscamento direto provocado por luminárias e janelas (IESNA, 1995). Para limitar as reflexões na tela e os contrastes de luminâncias, pode-se utilizar cortinas, ou modificar o *lay-out*, colocando as telas perpendicularmente ao plano de janelas de média e pequena extensão. Portanto, a adoção de uma tela paralela e locada em uma parede sem janelas ameniza as reflexões para ambientes médios e grandes.

Em escritórios pequenos, a possibilidade de reflexão das luminárias na tela é reduzida, pois estas estarão sobre o plano de trabalho, ou seja, o ângulo medido a partir da vertical entre a normal da tela do monitor e a normal da luminária será menor do que em ambientes grandes.

A sugestão de MACEDO e SANCHES (1997) é a adoção de telas com filtro de luz adaptáveis aos monitores em ambientes onde seja impossível resolver todos os problemas de reflexão existentes.

#### 2.3.4 Iluminação de Corredores

A NB 57 estabelece a luminância média de 100 lux para estes ambientes, de forma que atendam sua ocupação intermitente com segurança e sem desperdício. No entanto, IESNA (1995) sugere a adoção de uma luminância de, no mínimo, 1/3 da luminância das áreas adjacentes, de forma a serem evitados problemas de visualização ao se entrar e sair de um corredor.

## 2.4 QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO

Muitos países adotam formas diferentes para avaliar o ofuscamento. O método americano baseia-se na porcentagem de pessoas que considera visualmente confortável uma dada instalação quando vista do fundo da sala. Outros países usam uma série de luminárias com distribuição de luz padronizada.

### 2.4.1 Ofuscamento

O ofuscamento é percebido quando lâmpadas, luminárias, janelas ou outras áreas são claras demais comparadas com a luminosidade geral do interior (PHILIPS, 1981). Nesses casos, certos detalhes não podem ser percebidos por falta de iluminação, ou por excesso de brilho. Isto ocorre quando o processo de adaptação do olho não se faz de forma conveniente, em virtude das diferenças de brilho entre a fonte e fundo ou entre o objeto e seu entorno.

O ofuscamento pode estar presente de duas maneiras, separadamente ou de forma simultânea, sendo ambos sanados com a escolha correta da luminária.

O ofuscamento pode ser classificado como direto, quando qualquer luminância possa causar desconforto visual, e o ofuscamento refletido provocado pela imagem de objetos com elevadas luminâncias refletidas por superfícies localizadas dentro do campo de visão. Isto ocorre com lâmpadas ou

janelas que são refletidas por telas de microcomputadores e por raios de sol que são refletidos pelo teto, pelos móveis ou pelas paredes.

Para SMIT (1964), este tipo de ofuscamento é freqüentemente mais incômodo do que o ofuscamento direto porque está tão perto da linha de visão que os olhos não podem evitá-lo. No entanto, os olhos podem evitar rapidamente qualquer tipo de ofuscamento mudando o ângulo de visão ou fechando os olhos. Mas, tanto o ofuscamento direto ou refletido podem se tornar incômodos nos casos em que o usuário, mesmo sendo alvo deste tipo de problema, não pode deixar de desenvolver suas atividades.

#### 2.4.2 Cor da Fonte de Luz

O índice de reprodução de cor (IRC ou Ra) é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia. Quanto mais alto o índice melhor a reprodução das cores. As lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Esses índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso do ambiente. A temperatura de cor é expressa em Kelvin (K), a qual indica a aparência de cor da luz.

A luz *quente*, de aparência amarelada, tem baixa temperatura de cor (*não superior a 3000K*). A luz *fria*, de aparência azul violeta, tem temperatura de cor maior que 6000K. A luz branca natural emitida pelo sol, em céu aberto ao meio-dia, tem temperatura de cor perto de 5800K (PHILIPS, 1981).

## 2.5 COMPONENTES DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A lâmpada converte energia elétrica em luz visível; mas para o bom aproveitamento desta luz visível há necessidade de se utilizar luminárias a fim de direcionar esta luz para a superfície de interesse, bem como a utilização de reatores, quando as lâmpadas forem de descarga.

### 2.5.1 Lâmpadas

O mercado de iluminação apresenta ampla gama de fontes de luz, com características superiores às das tradicionais incandescentes, podendo escolher, para determinadas aplicações, as mais eficientes. Podem ser classificadas como incandescentes, que necessitam de um condutor sólido (*filamento*) para irradiar luz, e as fluorescentes (*de descarga*) que emitem luz a partir da passagem de corrente por um gás.

A escolha das lâmpadas a serem empregadas na iluminação dos locais de trabalho deve ser feita atendendo a certos critérios técnicos em função do local e da natureza do trabalho. Para a escolha do tipo de lâmpadas mais adequado, devem ser levados em consideração os seguintes fatores:

- medidas e forma do local a iluminar;
- tipo de tarefa visual;
- número de horas de funcionamento; e
- economia do sistema, observando seu custo inicial, consumo de energia e manutenção do sistema.

Na Tabela 10 a seguir, encontram-se algumas características destas lâmpadas.

Tabela 10 - Características de lâmpadas.

Tipo de Lâmpada	POTÊNCIA [W]		TCC[K]	IRC	VIDA ÚTIL [horas]	FLUXO LUMINOSO lm	EFICIÊNCIA LUMINOSA lm/W	
	lâmpada	reator*					lâmpada	global
Incandescente Convencional (OSRAM)	60	n	3.000	100	1.000	730	12	12
	100	n	3.000	100	1.000	1.380	14	14
	150	n	3.000	100	1.000	2.220	15	15
	200	n	3.000	100	1.000	3.150	16	16
	300	n	3.000	100	1.000	5.000	17	17
	500	n	3.000	100	1.000	8.400	17	17
Fluorescente Convencional (OSRAM)	20	12	5.250	72	7.500	1.060	53	33
	40	11	5.250	72	7.500	2.700	68	53
	110	25	5.252	72	7.500	8.300	75	62
Fluorescente Eficiente (OSRAM)	16	15	4.000	85	7.500	1.200	75	39
	18	10	4.000	85	7.500	1.350	75	48
	32	15	4.000	85	7.500	2.700	84	57
	36	11	4.000	85	7.500	3.350	93	71
	58	13	4.000	85	7.500	5.200	90	73
Fluorescente Compacta (OSRAM)	11	i	4.000	85	10.000	600	55	55
	15	i	4.000	85	10.000	900	60	60
	18	5	4.000	85	10.000	1.200	67	52
	23	i	4.000	85	10.000	1.500	65	65
	26	7	4.000	85	10.000	1.800	69	55
	36	11	4.000	85	10.000	2.800	78	60
* n: não necessita reator. i: reator eletrônico incorporado.								

Fonte: Catálogos técnicos da GE, OSRAM, PHILIPS E SYLVANIA.

### 2.5.1.1 Lâmpadas Incandescentes

A luz de lâmpadas incandescentes é proveniente de um filamento metálico (*tungstênio*) alojado no interior de um bulbo de vidro sob vácuo, ou gases (*nitrogênio, argônio ou criptônio*) quimicamente inertes no seu interior. São as mais comuns para iluminação geral, porém são as menos eficientes. Devido às exigências do mercado, as lâmpadas incandescentes estão passando por uma melhoria tecnológica, para melhorar sua eficiência luminosa (Figura 03).



**Partes principais de uma lâmpada incandescente**

**1. Filamento**

**2. Gás**

**3. Bulbo**

**4. Base**

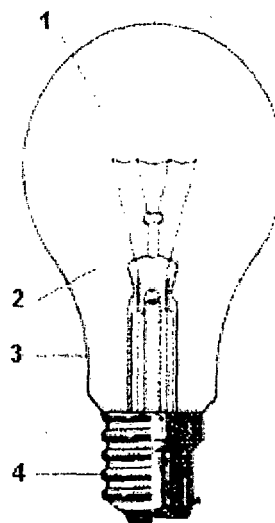


Figura 03 - Partes principais de uma lâmpada incandescente.

Fonte: PHILIPS (1981).

Segundo IESNA (1995), 75% a 80% da energia consumida pelas lâmpadas incandescentes é convertida em calor; no entanto, EPRI (1992) diz que a porcentagem é 90%.

Para SANTAMOURIS (1995), a vida média de uma lâmpada incandescente varia de 1000 a 2000 horas, com uma eficiência luminosa variando entre 10 a 25 lm/W.

Uma lâmpada incandescente de 100W pode ser substituída por uma de vapor de sódio de 75W, com uma redução de potência instalada de 15W; uma incandescente de 150W ou 250W pode ser substituída por uma de vapor de sódio de 75W, com uma redução de potência instalada de 43% e 58% respectivamente (PROCEL, 1998).

### 2.5.1.2 Lâmpadas Fluorescentes

Para produzir luz, as lâmpadas fluorescentes utilizam o princípio de descarga elétrica através de um gás, podendo ser vapor de mercúrio ou argônio de baixa pressão (Figura 04).

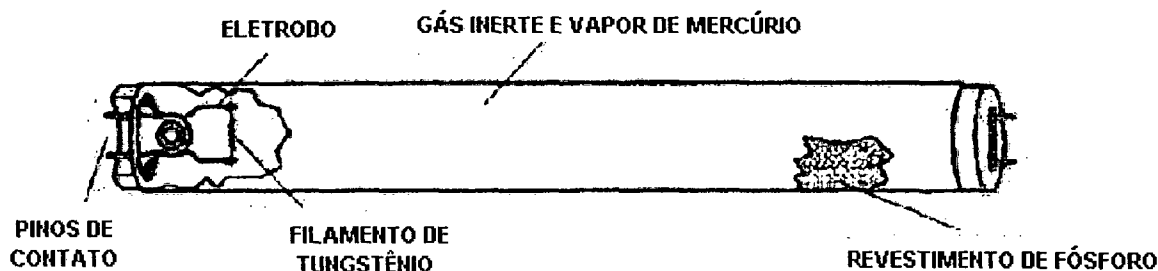


Figura 04 - Lâmpada fluorescente convencional.

A lâmpada fluorescente, quando não está acesa, tem aparência leitosa devido ao bulbo que é recoberto internamente por cristais de fósforo. Os eletrodos de tungstênio estão situados nas extremidades do bulbo, por onde circula a corrente elétrica.

As lâmpadas fluorescentes são muito utilizadas no setor comercial e de serviços e, utilizando reatores eletrônicos, apresentam rendimentos entre 33 lm/W e 62 lm/W, e com IRC e tonalidades variando entre 2.700 e 6.100 K.

As lâmpadas fluorescentes de 40W convencionais convertem 25% da potência de entrada em luz visível, 35% em radiação infravermelho e 40% em calor dissipado por condução e convecção.

A desvantagem das lâmpadas fluorescentes convencionais está no fato de quanto maior o IRC, menor será o fluxo luminoso emitido. Isto não ocorre com as modernas lâmpadas fluorescentes eficientes, com revestimento à base de

trifósforo, apresentando as mesmas temperaturas de cor das lâmpadas convencionais com um maior IRC e fluxo luminoso (ALVAREZ, 1998).

Com IRC (85) e a mesma vida média que as lâmpadas convencionais, o rendimento das lâmpadas eficientes varia com reatores convencionais de 39 a 73 lm/W, chegando a 93 lm/W com reatores eletrônicos.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, surgiram lâmpadas mais eficientes ainda, chamadas de T5 de 35W, com rendimento luminoso de 95 lm/W, e que é 12% maior que a T8 de 32W, cujo rendimento luminoso é de 84 lm/W, e é 7% maior que a T8 de 36W, com um rendimento luminoso de 89 lm/W, sendo todas alimentadas por reatores eletrônicos. As lâmpadas T5, além de serem mais econômicas, possuem internamente 80% de mercúrio a menos em relação as demais.

Para CADDET (1995), a lâmpada mais fina consome 8% menos energia, com a mesma quantidade de luz emitida. Para definir o diâmetro dos tubos, utiliza-se oitavos de polegada, ou seja, as lâmpadas T8 têm 8/8 de polegadas (*ou 1 polegada*) e as lâmpadas T12 têm diâmetro de 12/8 de polegadas.

Segundo SANTAMOURIS (1995), as lâmpadas fluorescentes têm vida média entre 6.000 e 8.000 horas, com variação da eficiência luminosa entre 30 e 95lm/W. Com a substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes, verificou-se uma economia entre 4 a 39%, com um período de retorno entre 1 e 2 anos.

Segundo BORG (1997), com a redução do diâmetro das lâmpadas (T5) houve um aumento da eficiência luminosa em 5%, e possibilitou melhor direcionamento para a superfície de interesse. São também 7% mais eficientes que as T8. Nas T5 a depreciação em 12.000 horas é de 5%, contra 15% das T8.

Para evitar o efeito estroboscópico<sup>2</sup> instalam-se reatores duplos de alto fator de potência, a fim de que as lâmpadas funcionem defasadas. Assim, enquanto uma lâmpada se escurece, a outra emite luz. Quando se deseja uma redução maior, e o sistema é trifásico, pode-se instalar as lâmpadas em fases diferentes (PILLOTO NETO, 1980).

### 2.5.1.3 Lâmpadas Fluorescentes Compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas foram desenvolvidas para uso em diversas situações, principalmente em substituição das lâmpadas incandescentes convencionais. As bases são dotadas de reator eletrônico e compatíveis com as bases das lâmpadas incandescentes (Figura 05).

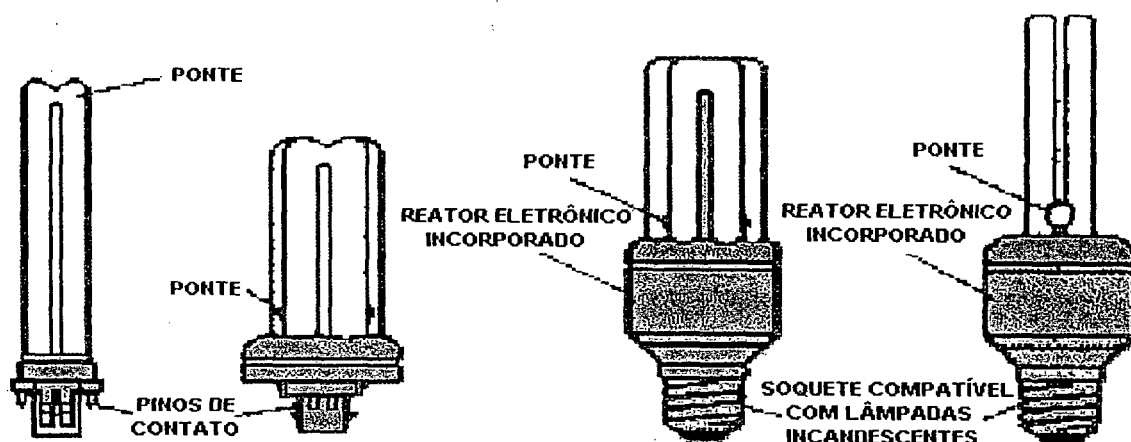


Figura 05 - Lâmpadas fluorescentes compactas.

Com o seu desenvolvimento em trifósforo, proporcionou elevado IRC e com vida média de dez vezes maior que as lâmpadas incandescentes e com eficiência luminosa de 52 lm/W e 60 lm/W.

<sup>2</sup> Estroboscópico é o efeito resultante da flutuação do fluxo luminoso emitido pela lâmpada, que produz falsa visão dos movimentos, fazendo parecer que os objetos móveis estão parados, podendo provocar, entre outros inconvenientes, a possibilidade de acidentes (PILLOTO NETO, 1980).

Segundo SHOEPS (1994), com a substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas pode-se chegar a uma economia de até 80%. Mantendo-se o mesmo índice de iluminamento, a lâmpada incandescente de 25 W pode ser substituída por fluorescente compacta de 5W, a incandescente de 40W por fluorescente de 7W, a de 60W por 9W, e a incandescente de 75W por fluorescente compacta de 13W (Tabela 11).

Tabela 11 - Quadro comparativo de valores entre das lâmpadas fluorescentes compactas e incandescentes.

Lâmpadas Fluorescentes Compactas			Lâmpadas Incandescentes	
Potência da lâmpada (Watt)	Potência total (incluindo reator) (Watt)	Fluxo luminoso (lúmen)	Potência (Watt)	Fluxo luminoso (lúmen)
5	10	250	25	220
7	11	400	40	470
9	12	600	60	780
11	14	900	75	980
13	17	900	75	980

Fonte: SHOEPS (1994).

A escolha de lâmpadas mais adequadas a serem utilizadas em determinado ambiente deve ser feita em função do local e do tipo de trabalho, e sempre levar em consideração os seguintes aspectos:

- tipo de tarefa visual a ser executada,
- dimensões e forma do local a iluminar,
- período de funcionamento do sistema de iluminação,
- a iluminância necessária,
- a eficiência luminosa da lâmpada,
- a temperatura de cor e o índice de reprodução de cor da lâmpada,
- a vida útil da lâmpada, e
- o custo inicial de operação do sistema.

### 2.5.2 Reatores

De forma diferente das lâmpadas incandescentes, as lâmpadas de descarga necessitam de dispositivo auxiliar para o seu funcionamento, que é o reator. Ele fornece alta tensão inicial para iniciar a descarga e, em seguida, limita a corrente para manter a descarga a um nível seguro. Os reatores podem ser classificados como convencional e de partida rápida. O primeiro necessita de um dispositivo auxiliar para o acendimento da lâmpada, chamado de *starter*, enquanto o de partida rápida pode acionar até duas lâmpadas e não necessita de dispositivo auxiliar de partida.

Os reatores eletromagnéticos possuem perda de energia, dissipada nos enrolamentos e no núcleo, e apresentam baixo fator de potência, em média 0,60 indutivo. Os fatores considerados para avaliar os reatores são o fator de reator (BF – *Ballast Factor*)<sup>3</sup> e o fator de potência (PHLIPS, 1981).

Entre todos os reatores disponíveis no mercado, os eletrônicos são os mais eficientes, dissipando cerca de 25% menos energia que os equivalentes eletromagnéticos (BORG, 1993). Deve-se observar que a Distorção Harmônica Total (DHT) pode chegar a 25% para os reatores de baixa qualidade. No entanto, um bom reator eletrônico, dotado de filtros, pode apresentar DHT inferior a 5%, com fator de potência do conjugado lâmpada e reator até 95%.

O PROCEL (1995), na Tabela 12, apresenta as perdas em reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes.

Segundo LAMBERTS (1997), existe no mercado, além dos reatores eletromagnéticos, outro reator chamado de reator eletrônico, que apresenta perdas reduzidas por funcionar em altas frequências. Luminárias com duas lâmpadas de 40W e reator eletromagnético podem ser substituídas por duas

---

<sup>3</sup> Ballast Factor – corresponde à relação entre os fluxos luminosos emitidos por uma lâmpada alimentada por reator ensaiado e por um reator padrão de referência. Reatores de uso geral costumam possuir BF inferior a 1, enquanto reatores especiais possuem BF maior que a unidade (ALVAREZ, 1998).

lâmpadas de 32W com reator eletrônico, apresentando os seguintes comparativos, considerados pela Tabela 13, de perdas de energia em reatores.

Tabela 12 - Potência média de perdas em reatores para lâmpadas fluorescentes.

Tipo de Reator	Lâmpadas (quantidade x Watts)	Tipo Convencional com <i>Starter</i> (perdas em Watts)	Tipo Partida Rápida (perdas em Watts)
Simples	1 x 20	7	12
	1 x 40	13	15
Duplo	2 x 20	14	24
	2 x 40	20	22
Simples	1 x 16	-	15
	1 x 32	-	13
Duplo	2 x 16	-	17
	2 x 32	-	21
Simples	1 x 60	-	26
	1 x 110	-	32
Duplo	2 x 60	-	32
	2 x 110	-	48

Fonte: PROCEL (1995).

Tabela 13 - Perdas de energia em reatores (W).

Lâmpada	Reator	
	Convencional	Partida Rápida
1 x 20 W	7 – 10	-
2 X 20 W	-	16 – 18
1 X 40 W	10 – 15	15 – 19
2 X 40 W	24	23
2 X 65 W	32	-
2 X 110 W	-	35

Fonte: LAMBERTS (1997).

Logo tem-se:

- 2x40W reator convencional                      consumo de 104 Wh (40W+40W+24W)
- 2x40W reator de partida rápida              consumo de 103 Wh (40W+40W+23W)
- 2x32W reator eletrônico                      consumo de 64 Wh (32W+32W)

As lâmpadas acima têm uma vida média de 7.500 horas com fluxo luminoso de 2.700 lm; além disso, as lâmpadas de 40W têm eficiência luminosa de 68 lm/W, e as lâmpadas de 32W uma eficiência luminosa de 84

lm/W. As lâmpadas de 32W, além de ter uma eficiência luminosa melhor do que as lâmpadas de 40W, com o uso de reator eletrônico proporcionam uma economia no consumo de energia em aproximadamente 38%.

Segundo ABILUX (1995), os reatores eletrônicos prolongam a vida útil das lâmpadas fluorescentes em 50%, além da economia de energia elétrica em 30%.

Para MILLS (1993), os reatores eletromagnéticos encontrados no mercado dissipam 25% mais de energia do que os reatores eletrônicos, considerados os mais eficientes.

Segundo EPRI (1993), os reatores eletrônicos aumentam a eficiência do sistema reator/ lâmpada em 15 a 20%.

Segundo CADDET (1995), do total da energia de entrada, 10 a 20% é consumida pelos reatores eletromagnéticos. Com o uso de reatores eletrônicos, espera-se uma economia de 20 a 30%.

Segundo ALVAREZ (1998), com o uso de semicondutores, o reator eletrônico diminui o seu peso e dimensões. Seu funcionamento está baseado num circuito eletrônico que opera como chave, abrindo e fechando a alimentação da lâmpada com frequência entre 25 e 40 kHz.

Os reatores eletrônicos controláveis (*dimirizáveis*), utilizados em combinação de luz natural com luz artificial, proporcionando uma considerável economia, são capazes de controlar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas de 0 a 100% de seu fluxo total.

Segundo BORG (1993), com o uso de reatores eletrônicos de alta frequência há um aumento da eficiência do sistema de iluminação em mais de 25%, além de não produzirem *flicker*<sup>4</sup> e ruído, sendo que os reatores

---

<sup>4</sup> "Flicker" corresponde à oscilação perceptível da luz com frequência inferior a 60Hz (ALVAREZ, 1998).



eletrônicos proporcionam uma partida instantânea e uma redução no consumo de energia até 30%, com o *Ballast Factor* maior que 0,85.

Isso ocorre porque, para um mesmo fluxo luminoso emitido, a operação de uma lâmpada fluorescente em alta frequência consome menos energia, em relação à operação em 60 Hz. A operação em alta frequência aumenta a vida útil da lâmpada, reduz em 75% o ruído e elimina o *flicker* e o problema de cintilação em 120 Hz, típicos de reatores eletromagnéticos.

A redução do *flicker* para níveis imperceptíveis é devido à conversão pelos reatores eletrônicos da frequência de operação das lâmpadas de 50 a 60Hz para 20 a 60 kHz.

Para reatores eletrônicos de baixa qualidade (*sem filtro*), a distorção harmônica total (DHT) pode chegar a 25%, enquanto reatores magnéticos convencionais e híbridos possuem um DHT entre 12 e 20%. Um bom reator eletrônico, dotado de filtros, pode apresentar DHT inferior a 5% e fator de potência do conjunto lâmpada/reator até 0,95 capacitivo.

Harmônicas são tensões ou correntes, que são múltiplos mais altos da frequência fundamental, e são produzidas na tensão ou corrente, quando a corrente se desvia da forma senoidal.

Segundo IESNA (1995), a distorção harmônica total deve ser limitada a um máximo de 20 a 30%.

Para EPRI (1993), a geração de harmônicas pode provocar:

- distorção na tensão de entrada,
- adicionar corrente ao neutro nos sistemas trifásicos,
- sobrecarga nos transformadores, e
- interferência em aparelhos elétricos.

### 2.5.3 Luminárias

As luminárias têm como finalidade fixar e proteger as lâmpadas, e promover adequada distribuição da luz emitida, proporcionando um máximo de aproveitamento, no plano de trabalho, do fluxo luminoso produzido pela lâmpada.

A eficiência de uma luminária é definida como a relação entre o fluxo luminoso por ela emitido e o fluxo da lâmpada, onde o valor encontrado varia em função do tipo de luminária, sua construção física e a finalidade a que se destina. Quanto maior a eficiência, menor será a quantidade de lâmpadas necessárias para conseguir certa iluminância e, portanto, mais econômico será o sistema adotado.

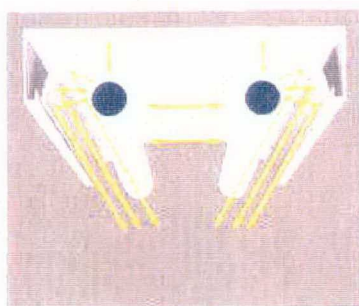
Para boa eficiência de uma luminária, ela deve ter pouca interferência com a lâmpada, boa conservação do fluxo luminoso, facilidade de manutenção, correta distribuição luminosa e alto rendimento inicial, conseguindo passar ao ambiente o máximo do fluxo luminoso que a lâmpada emite.

Segundo ALVAREZ (1998), para a distribuição correta da luz no campo de trabalho são utilizados, nas luminárias, vários componentes que podem influenciar o seu desempenho, tais como: lamelas, difusores, lentes, refletores e *louvres*; por exemplo, o uso de refletores e difusores nas luminárias reduz a eficiência do conjunto até 65% da radiação emitida pela lâmpada.

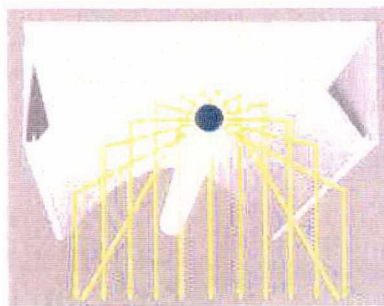
Segundo ABILUX (1992), fatores como atividade desenvolvida, tipo de iluminação desejada (*direta, semidireta, indireta, direta-indireta, etc.*), fator de utilização e curva de distribuição luminosa da luminária, são os que interferem na escolha da luminária adequada para um certo ambiente.

Segundo EPRI (1992), o coeficiente de utilização é que determina o desempenho de uma luminária, e descreve a percentagem dos lumens emitidos pela lâmpada que atinge a superfície de trabalho, todos em função das dimensões do ambiente, do tipo de luminária e das refletâncias das superfícies dos ambientes.

Com o surgimento de novas tecnologias, luminárias mais eficientes foram desenvolvidas, dotadas de refletores de alumínio (*alumínio polido*) (Figura 06 – a,b).



Convencional



Reflexiva

Figura 06-a - Luminárias convencionais.

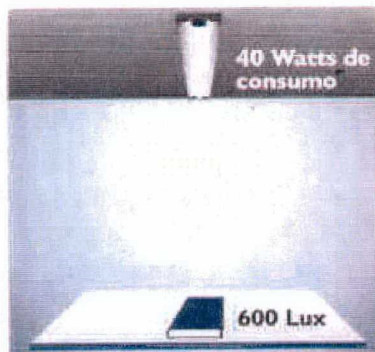
Figura 06-b - Luminárias reflexivas.

Fonte: LUMICENTER (2000).

Conforme as Figuras 06-a,b e 07-a,b, a superfície espelhada das luminárias reflexivas reduzem as perdas por reflexão, aumentando a eficiência do conjunto.



Convencional



Reflexiva

Figura 07-a - Luminárias convencionais.

Figura 07-b- Luminárias reflexivas.

Fonte: LUMICENTER (2000).

A utilização de luminárias de altíssima eficiência, dotadas de fundos reflexivos, possibilita uma redução média de 70% no número de luminárias, ocasionando grande economia de energia elétrica.

Novas técnicas são empregadas para melhorar a eficiência do sistema de iluminação, reformando as luminárias antigas. Chapas de alumínio anodizado de alta pureza são cortadas, dobradas e instaladas nas luminárias, aumentando o seu rendimento, conforme figura 06-a,b.

Para a escolha da luminária é necessário levar em conta os seguintes detalhes:

- facilidade na substituição da lâmpada,
- facilidade de manutenção,
- qualidade do material de fabricação,
- efeito estético, e
- possibilidade de adaptação ao local.

O ciclo de manutenção de limpeza em luminárias é fundamental para manter o índice de conservação de energia. Caso não haja uma rotina de limpeza, fatores como pó acumulado, tipo de luminária, idade dos componentes, entre outros, podem causar perdas que variam de 5% a 30% (CADET, 1995).

Para IESNA (1995), dependendo do tipo de equipamento instalado e do tipo da luminárias, a falta de manutenção reduz a iluminância em 25 a 50%.

SANTAMOURIS (1995) diz que com a falta de manutenção, a redução do fluxo luminoso é de 30%.

#### 2.5.4 Curvas de Distribuição

As curvas de distribuição luminosa apresentam as direções e as respectivas intensidades luminosas proporcionadas pelas luminárias.

Traçando-se retas radiais, a partir de uma fonte luminosa, com a mesma distância angular entre elas, pode-se representar, por meio de vetores, a intensidade luminosa emitida pela fonte nos diversos ângulos. Unindo-se os pontos extremos dos vetores, obtém-se uma curva de distribuição de intensidade luminosa, chamada curva fotométrica. Uma fonte pontual emitirá um fluxo luminoso com igual intensidade em todas as direções do espaço. Nesse caso, a curva fotométrica será um círculo, cujo raio será o valor da intensidade emitida pela fonte (Figura 08).

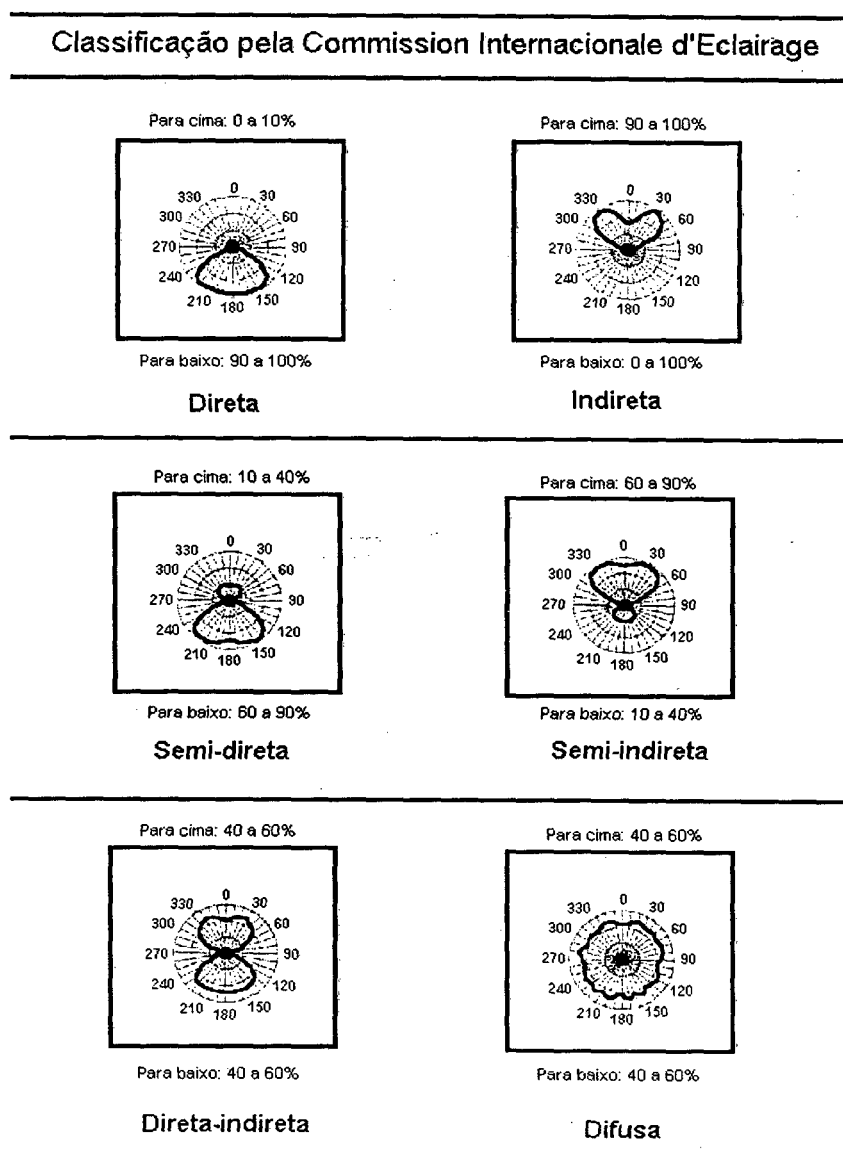


Figura 08 - Classificação das luminárias pela CIE.  
Fonte: IESNA (1995).

### 2.5.5 Refletância

A refletância da superfície refletora das luminárias varia de acordo com o acabamento utilizado, e influencia significativamente na sua eficiência. Desta forma, apresenta-se a refletância proporcionada por diferentes tipos de refletores com o intuito de mostrar a sua importância na escolha da luminária.

Segundo CADDET (1995), a Tabela 14, apresenta a refletância para refletores brancos e com filme de prata.

Tabela 14 - Refletâncias.

Refletor	Refletância (%)
Branco	60
Filme de prata	95

Fonte: CADDET (1995).

Segundo SANTAMOURIS (1995), a Tabela 15 apresenta, além da refletância total, a refletância especular para alguns refletores.

Tabela 15 - Refletâncias.

Refletor	Refletância especular (%)	Refletância total (%)
Branco	5	60 a 80
Alumínio anodizado polido	85	90
Filme de prata	95	96

Fonte: SANTAMOURIS (1995).

Para EPRI (1993), na Tabela 16, estão as refletâncias sugeridas.

Tabela 16 - Refletâncias.

<b>Refletor</b>	<b>Refletância (%)</b>
Alumínio anodizado especular	85 a 90
Alumínio anodizado especular com filme dielétrico	88 a 94
Filme de prata aplicado sobre poliéster	91 a 95

Fonte: EPRI (1993).

Fazendo uma análise das tabelas, observa-se que os refletores de filme de prata e os refletores de alumínio apresentam refletâncias bem superiores àqueles dos refletores brancos.

Segundo SANTAMOURIS (1995), deve-se ter o cuidado com o ofuscamento na utilização de refletores reflexivos, e, para que não haja diminuição da propriedade reflexiva, deve-se mantê-los sempre limpos, sem acúmulo de poeira. Em seus estudos, em quatro edifícios, houve economia média de 18% no consumo de energia elétrica em iluminação, em um período de retorno de 3,5 a 17 anos.

Para CADDET (1995), a depreciação luminosa de uma luminária devido ao envelhecimento das lâmpadas pode variar entre 5 e 30%. Em relação ao depósito de pó, a depreciação também pode variar entre 5 e 30%. Para ambientes de escritório, a depreciação luminosa total geralmente está na faixa de 10 a 20%.

#### 2.5.6 Sistemas de Controle

O consumo de energia pode ser reduzido com a utilização de detectores de presença, ou relés fotoelétricos, em que se fará o controle de luz, evitando o desperdício de energia elétrica, seja em ambientes onde a luz natural é

suficiente para o ambiente durante o dia todo ou em determinado período, ou em locais desocupados que ficam com as lâmpadas acesas.

Os detectores de presença são dispositivos de controle, que detectam a movimentação de usuários no ambiente. O sistema é composto de um detector de movimento, podendo ser sensível à radiação infravermelho ou ao ultra-som.

Quando há movimento, o detector infravermelho gera um sinal elétrico que é enviado à unidade de controle que acende e mantém aceso o sistema de iluminação, enquanto permanecer a presença do movimento. Este tipo de sensor monitora a varredura de movimentos na distância de 3m na movimentação de braços e a 10m com o movimento do corpo inteiro.

Os detectores sensíveis a ultra-som emitem ondas sonoras com frequência entre 25 e 40 kHz, as quais são refletidas na presença de usuários e detectadas pelo dispositivo, acendendo ou mantendo aceso o sistema de iluminação controlado.

Segundo SANTAMOURIS (1995), os sensores são detectores de movimento que desligam as lâmpadas automaticamente em ambientes desocupados e acendendo-os quando o ambiente é ocupado. A Tabela 17 mostra o tempo de ocupação dos ambientes.

Tabela 17 - Tempo de ocupação de ambiente.

<b>Ambiente</b>	<b>Tempo de ocupação [%]</b>	<b>Desperdício [%]</b>
Salas particulares	45	45
Salas de descanso	35	65
Salas de reunião	50	50
Corredores	60	40
Salas de computação	40	60
Salas de aula	60	40
Depósitos	25	75
Salas de refeições	50	50

Fonte: SANTAMOURIS (1995).



O sistema “*scheduling control*” é um sistema de gerenciamento que funciona controlando o consumo de energia elétrica, possibilitando o deslocamento ou desligamento de cargas no horário de ponta. O uso deste sistema permite controlar e desligar o sistema de iluminação em períodos de pouco uso ou especificado na programação do sistema (ALVAREZ, 1998).

O sistema por controle fotoelétrico possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de *dimers* controlados automaticamente. Quando a iluminação medida for inferior ao valor ajustado, o dispositivo acionará a iluminação.

O sistema mais moderno e eficiente de integrar a luz natural com a artificial, de forma a otimizar a eficiência do sistema, é com o uso de lâmpadas fluorescentes e reatores eletrônicos *dimerizáveis*, fazendo com que o sistema de iluminação artificial seja desligado de forma sucessiva, à medida em que os níveis de luz natural aumentam, possibilitando uma redução da luz artificial em 50% quando a luz natural supera a metade da iluminância de projeto, e 100% quando a luz natural supera as necessidades de projeto (ALVAREZ, 1998).

Na Tabela 18 é mostrados o potencial de conservação de energia com o uso de detectores de presença.

Tabela 18 - Detetores de presença: Potenciais de conservação.

<b>Aplicação</b>	<b>Potencial de Conservação [%]</b>
Escritórios	20 – 50
Banheiros	30 – 75
Corredores	30 – 40
Áreas de estoque	45 – 65
Salas de reuniões	45 – 65
Sala de conferência	45 – 65
Depósitos	50 – 75

Fonte: UNITED STATES (1995).

Para EPRI (1992), com a iluminação de edifícios comerciais pode-se economizar até 30% de energia elétrica, utilizando o sistema de controle de iluminação.

THE EUROPEAN COMMISSION (1994) afirma que há uma economia de 30 a 70% na utilização de iluminação natural com o controle da iluminação artificial.

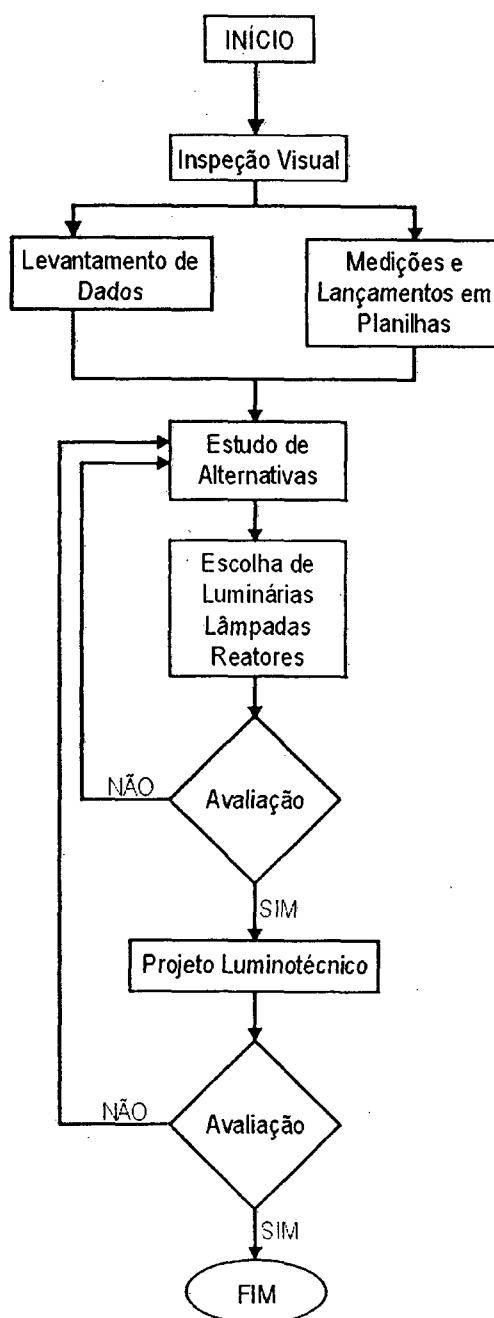
### **3 METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ILUMINAÇÃO**

Neste capítulo é discutida a metodologia desenvolvida para a determinação do potencial de conservação de energia elétrica em iluminação em instituições de ensino público, privadas e similares, a fim de, através do estudo dos dados coletados, promover a melhoria da eficiência luminosa, foco do presente trabalho.

São, igualmente, apresentados o método e os procedimentos necessários para a coleta de dados e a determinação do consumo de energia elétrica, a partir de uma metodologia adequada.

#### **3.1 DIAGNÓSTICO DO AMBIENTE**

O fluxograma apresentado a seguir mostra as etapas a serem seguidas para o desenvolvimento da metodologia para a reforma do sistema de iluminação, a fim de promover a melhoria da eficiência luminosa.



Fonte: Autor

### 3.1.1 Procedimentos para Levantamento de Dados

O levantamento de dados por inspeção corresponde ao procedimento de aquisição de informações sobre as características físicas do ambiente e do tipo de iluminação em uso.

Inicialmente, por inspeção visual, é feita uma visita em todos os ambientes da instituição, a fim de verificar em que estado de conservação e utilização se encontram os referidos ambientes, principalmente em relação ao sistema de iluminação que envolve o tipo da luminária (Figura 09) e seu estado de conservação (Figura10). Observa-se também a função de cada ambiente se é sala de aula, ambiente administrativo ou outros destinados a finalidades diferentes.

Esta primeira inspeção é fundamental para a orientação e preenchimento da planilha de identificação do ambiente.(planilha 1)

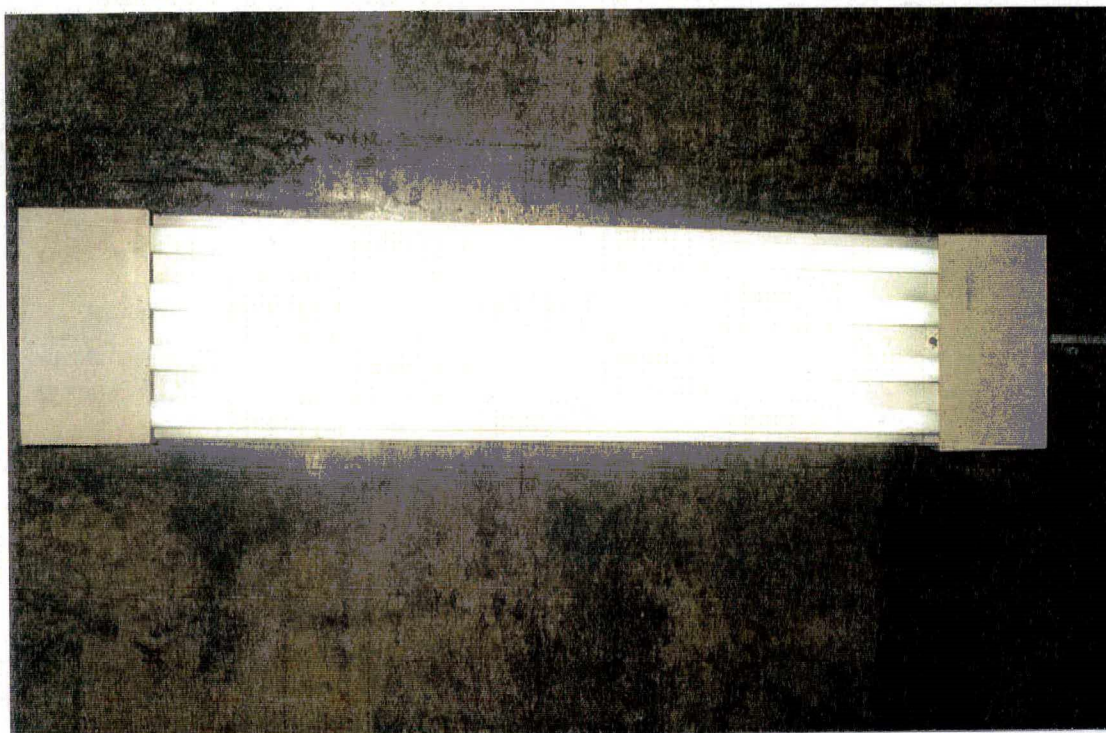


Figura 09 – Luminária utilizando o teto escuro para reflexão da luminosidade.

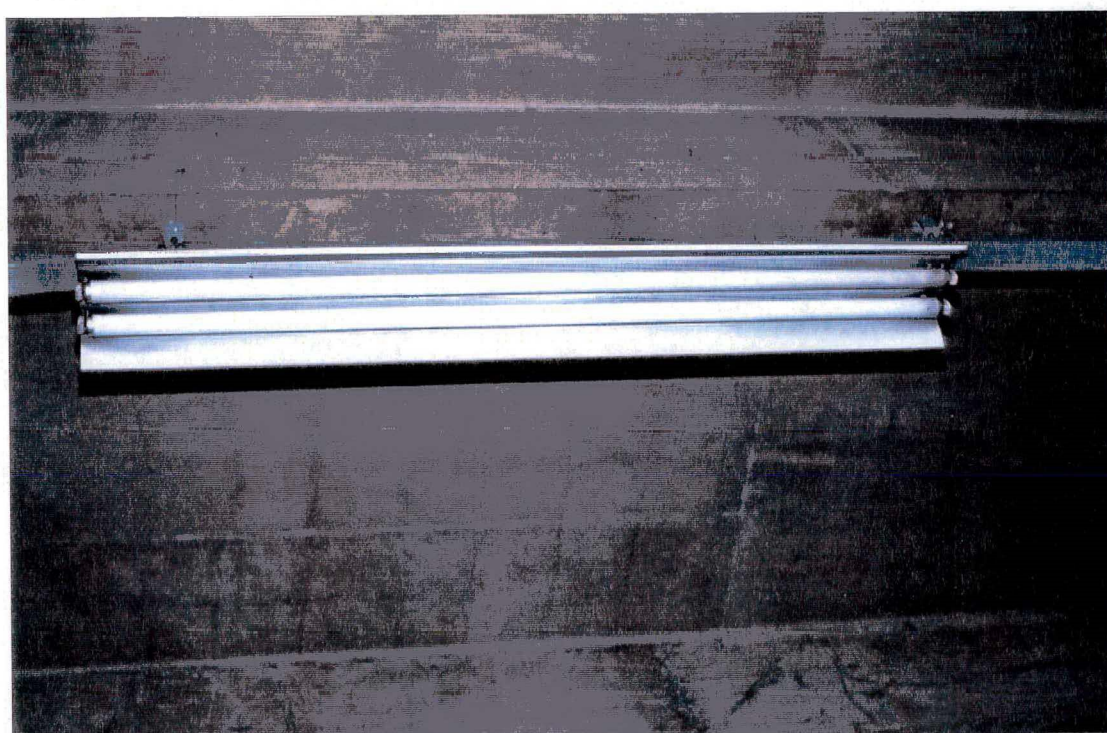


Figura 10 – Luminária suja e com os lados já escurecidos.



Posteriormente uma inspeção do ambiente a ser analisado é realizada utilizando-se a Planilha 1.

Planilha 1 – Identificação do Ambiente

Identificação do Ambiente									
Bloco		Sala		Pavimento					
	Dimensões				Área	(m <sup>2</sup> )			
	Comprimento				(m)				
	Largura				(m)				
Características do Ambiente									
Cor	Piso	Parede	Móveis	Cortina	Tipo do ambiente				
Teto	Laje	Tipo			Cor				
	Forro	Tipo			Cor				
Janela	Altura				(m)	Vidro	Tipo		
	Largura				(m)		Cor		
	Tipo						Espessura	(mm)	
	Cor								
	Esquadria	Tipo							
	Espessura				(m)				
Parapeito	Comprimento				(m)				
	Largura				(m)				
	Cor								
Dados da instalação existente									
Altura do piso até a luminária									
		(m)							
Altura do piso até o teto									
		(m)							
Altura do plano de trabalho									
		(m)							
Nível de iluminância desejada									
		(lux)							
Nível de iluminância medida									
		(lux)							
Potência total		P							
			(W)						
Corrente									
			(A)						
Luminária	Nova com refletor								
	Antiga								
Tipo de luminária									
Tipo de lâmpada									
Nº de lâmpadas por luminárias									
Nº de linhas									
Nº de luminárias por linha									
Nº total de luminárias									
Posição das luminárias		(Acima da viga... etc.)							
OBS.:									

Para obtenção dos dados sobre as instalações elétricas existentes, medidas diretas são realizadas. Dois tipos de medições são efetuadas:

- ♦ Com analisador de energia e
- ♦ Com luxímetro.

O equipamento eletrônico denominado de analisador de energia (Figura 11) é que realiza as medições diretas, capaz de medir continuamente as grandezas elétricas de interesse, fornecendo registros conforme a programação feita, sendo estes compostos pelos valores das seguintes grandezas:

- potências reativas,
- potências ativas,
- correntes de fase,
- tensão de fase,
- tempo (*hh:mm:ss*),
- demanda máxima trifásica,
- fator de potência por fase,
- demanda média trifásica,
- fator de carga trifásico, e
- consumo de ativos por fase.



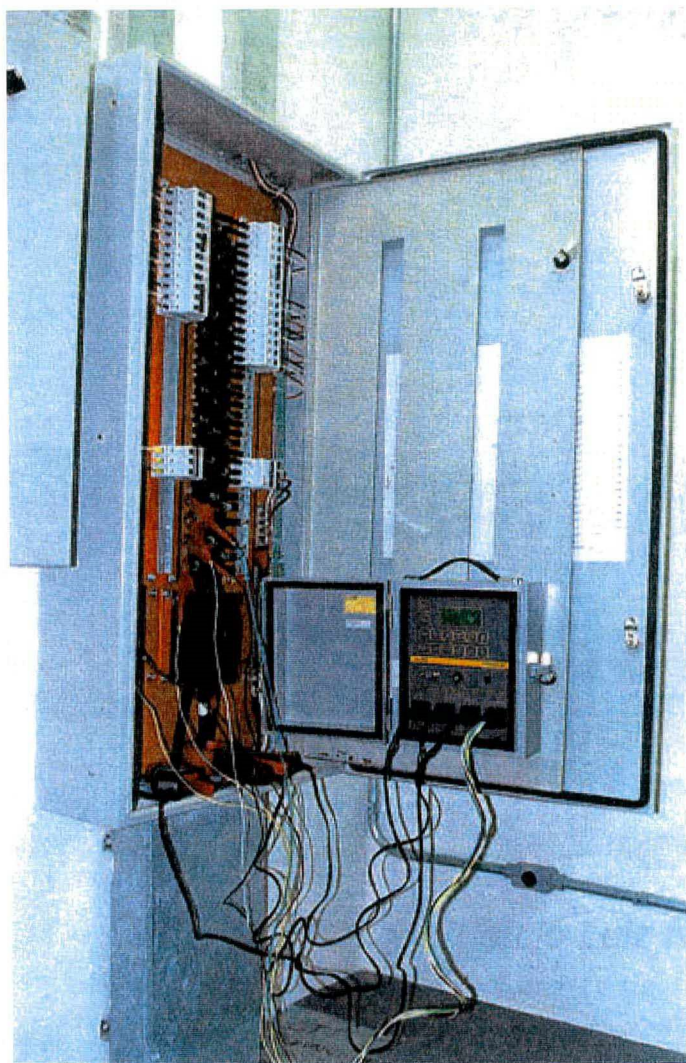


Figura 11 – Analisador de energia para verificação de resultados.

O luxímetro permite determinar a iluminância do ambiente, visando compara-la com a exigida pela ABNT (1991).

Inicialmente deve-se fazer o desenho do ambiente com todas as luminárias e a sua disposição no teto, conforme Figura 12.

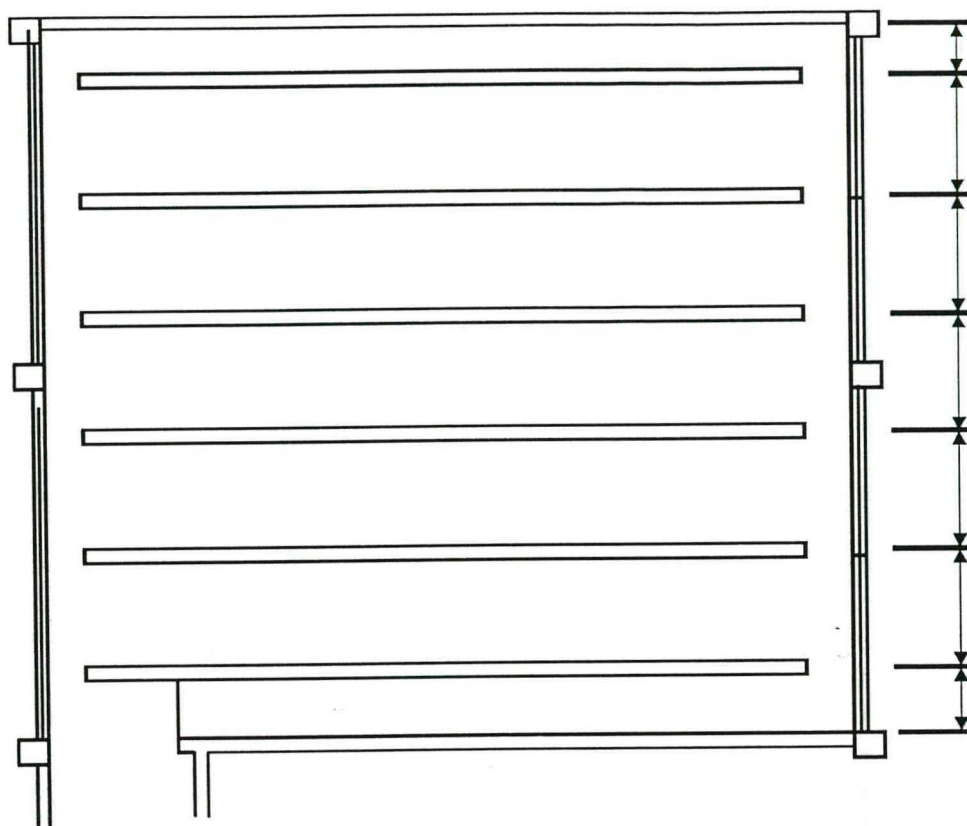


Figura 12 - Distribuição das luminárias para uma sala de aula existente.

Estas medições de iluminância devem ser realizadas à noite para evitar a influência da iluminação natural nos resultados. Deve-se tomar o cuidado na realização das medições, colocando o aparelho em cima de algo que tenha a mesma altura do plano de trabalho, em média de 80cm. O luxímetro (Figura 13) a ser utilizado é do tipo LD-500 da ICEL.

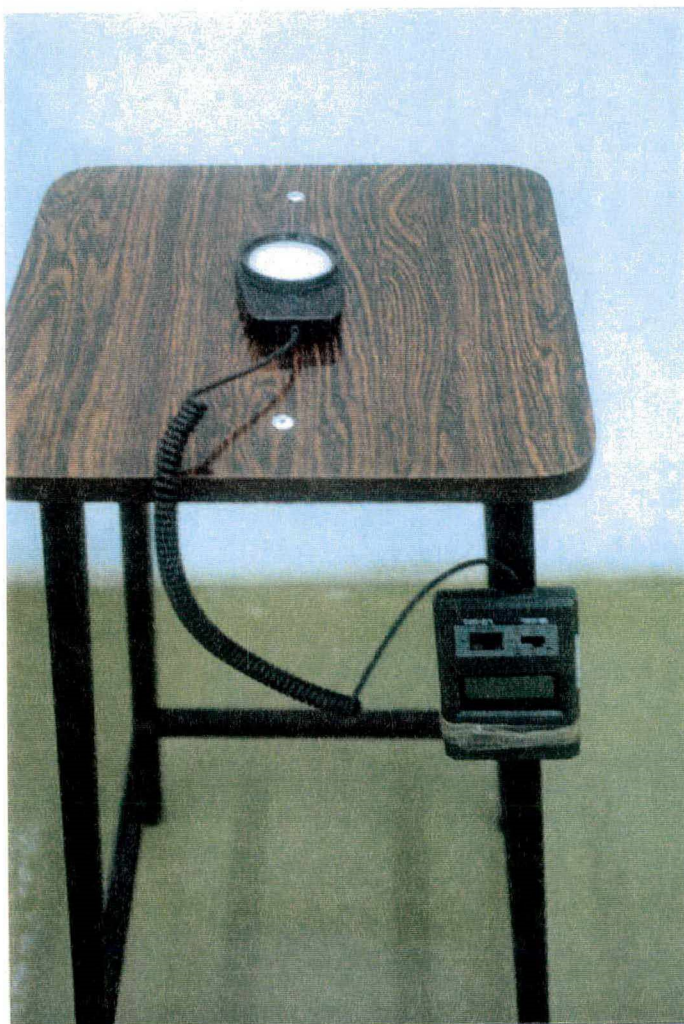


Figura 13 – Luxímetro fixado sobre uma banqueta com a mesma altura do plano de trabalho.

Para a localização das medidas com o luxímetro o ambiente é dividido em uma malha em metros quadrados de dimensão. Nessa posição mede-se a iluminância e registra-se o valor no ponto (Figura 14).



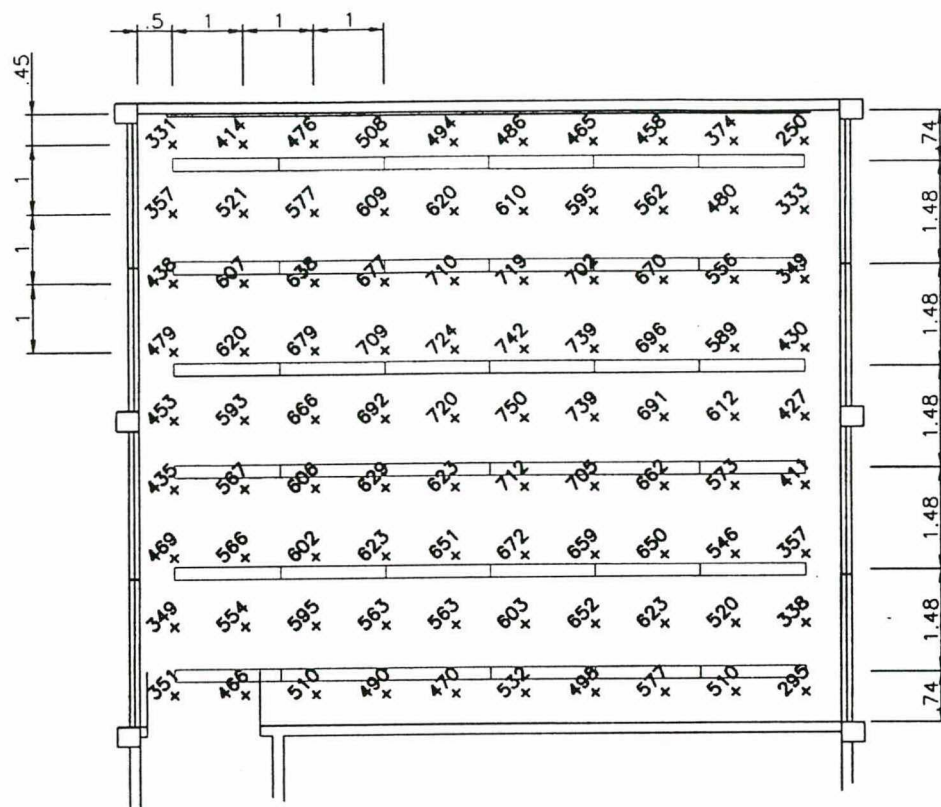


Figura 14 - Distribuição das luminárias e os valores medidos de iluminância (em lux)

Com a marcação do índice de iluminância em todos os pontos, determina-se a iluminância média do ambiente por:

$$E = \frac{\text{somatória do valor de todos os pontos}}{\text{número de pontos}}$$

onde E = Iluminância .

### 3.1.2 Avaliação dos Índices de Iluminação Artificial

Em função do que determina a ABNT (1991) – NB – 57, avalia-se a iluminância<sup>5</sup> do interior dos ambientes para as atividades a que se destinam.

<sup>5</sup> No caso para as salas de aula, a iluminância é de 500 lux.

Três situações podem ocorrer:

- ◆ O índice de iluminância está abaixo do recomendado pela Norma implicando no aumento do número de luminárias e, conseqüentemente, no aumento da potência instalada em iluminação, devendo-se utilizar equipamentos que garantam a menor potência instalada e que atendam as exigências mínimas de iluminação.
- ◆ O índice de iluminância está próximo aos recomendados. Neste caso analisa-se os equipamentos utilizados de modo a garantir menor potência instalada em iluminação.
- ◆ O índice de iluminância está muito acima do recomendado pela Norma. Neste caso reduz-se o índice de iluminância para o mínimo recomendado, conseqüentemente reduzindo a potência instalada em iluminação.

## 3.2 ESTUDO DE ALTERNATIVAS

Deve-se sempre procurar melhorar a eficiência luminosa com a redução do consumo de energia, utilizando equipamentos energeticamente eficientes. Com os dados levantados sobre o ambiente, são iniciados os estudos para a escolha das lâmpadas, luminárias e reatores mais eficientes.

### 3.2.1 Escolha da Lâmpada

Na escolha da lâmpada devem ser consideradas as características como eficiência luminosa, vida útil, temperatura de cor e índice de reprodução de cor.

Para se eleger o tipo de lâmpada mais adequada, devem ser levados em consideração os seguintes fatores:

- medidas e forma do local a iluminar,
- tipo de tarefa visual,
- número de horas de funcionamento, e
- economia do sistema:
  - o seu custo inicial,
  - o consumo de energia, e
  - o manutenção do sistema.

Deve ser escolhida a lâmpada que apresentar maior rendimento luminoso e menor consumo, para que haja redução do custo da energia elétrica.

Deve ser sempre observado o tipo de lâmpadas já existentes, para evitar o uso de uma variedade muito grande de lâmpadas, e que haja um custo muito elevado de reposição e estoque.

### 3.2.2 Escolha de Luminárias e Reatores

#### a) Luminárias:

Na escolha da luminária, deve-se observar os seguintes detalhes:

- possibilidade de adequação ao local,
- efeito estético,
- a qualidade do material de fabricação,
- a facilidade de manutenção e substituição das lâmpadas, e
- aproveitamento máximo do fluxo luminoso da luminária para o ambiente.

## b) Reatores

Quando da escolha do reator, deve-se observar:

- o que tem menos perda, e
- menor valor de Distorção Harmônica Total.

### 3.3 ELABORAÇÃO DE UM NOVO PROJETO LUMINOTÉCNICO

Na elaboração do novo projeto luminotécnico, analisa-se os diversos ambientes e, se possível, utilizar luminárias, lâmpadas e reatores similares nestes ambientes, para facilitar a manutenção e reduzir o custo com estoque.

Assim deve-se analisar, se é mais vantajosa a troca completa da luminária atual por uma luminária mais eficiente dotada de aletas e fundo reflexivo, ou trocar o reator e comprar, dobrar e instalar na luminária um refletor de alumínio anodizado de alta pureza com índice de reflexão<sup>6</sup> de 98%, conforme Figuras 15 e 16.

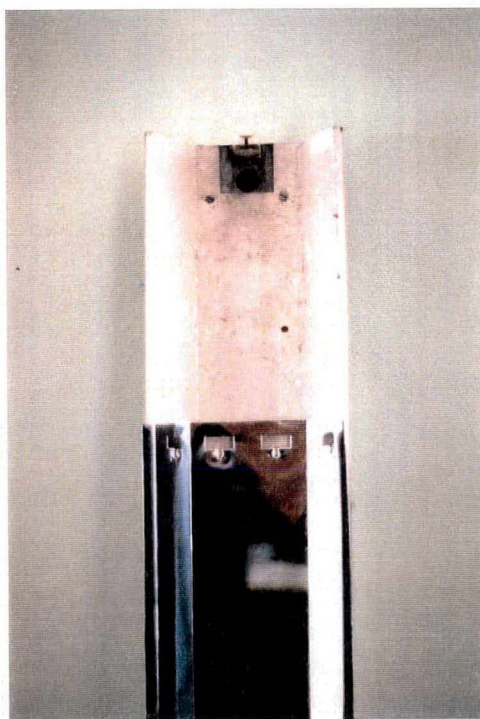


Figura 15 - Luminária sem manutenção, cujo refletor de alumínio está dobrado no mesmo formato da luminária e fixado sobre a mesma.

<sup>6</sup> Devolução da radiação por uma superfície sem modificação da frequência dos componentes monocromáticos dos quais a radiação é composta.



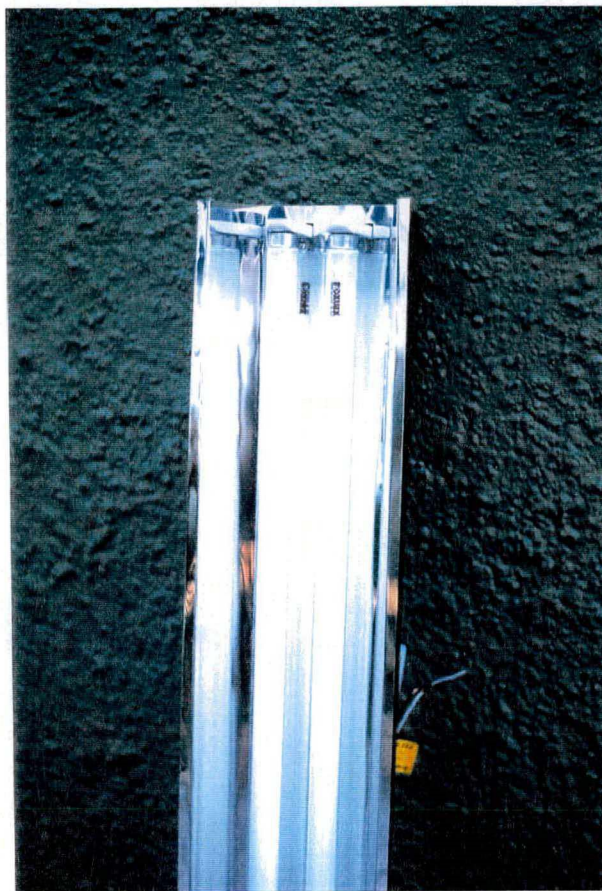


Figura 16 – Luminária com refletor de alumínio.

### 3.3.1 Cálculo de Iluminação Elétrica

Após a tomada de decisão do tipo de luminária e material a ser empregado, e com os catálogos dos fabricantes, procede-se o cálculo da iluminância elétrica.

O cálculo de iluminância pode ser feito por dois métodos:

- método dos lumens, e
- método ponto a ponto.

Na prática, o método dos lumens conduz a resultado satisfatório, razão pela qual foi utilizado.



### 3.3.2 Método dos Lumens

Consiste em determinar o fluxo luminoso obtido com uma certa fonte de luz (*luminária*) e calcular o número de luminárias necessárias para se conseguir o nível de iluminância desejado.

#### ♦ Escolha do Nível de Iluminância

A escolha do nível de iluminância<sup>7</sup> deve ser em função do tipo de atividade visual a ser exercida no local. Como exemplo, caso seja um ambiente de ensino, como a sala de aula, então deve-se considerar 500 lux.

#### ♦ Fator de Utilização (FU)

Considera-se como Fator de Utilização o grau de reflexão, isto é, parte do fluxo luminoso que retorna ao ambiente. Neste caso, leva-se em consideração a cor de tudo o que está dentro do ambiente a ser analisado.

Inicialmente determina-se os índices de reflexão do teto, parede e piso. Os índices utilizados são aqueles determinados pelos fabricantes de luminárias. Por exemplo, para o teto os índices de 70% - 50% - 30%, para a parede os índices de 50% - 30% - 10% e para o piso 20%.

---

<sup>7</sup> ABNT – NBR – 5413 – NBR 57 – 1991 – Iluminância por classes de tarefas visuais.

Se for bem claro, utiliza-se o índice de 70%, se as paredes também forem claras utiliza-se o índice de 50%, restando para o piso o índice de 20% (figura 17).

Posteriormente obtém-se o Fator do Local (RCR), em que para o cálculo são necessárias as dimensões do ambiente (Tabela 19), bem como os dados do catálogo do fabricante, com os dados do tipo de luminária escolhida.

Tabela 19 – Dados do ambiente.

Comprimento (C) :	m
Largura (L) :	m
Pé direito ( <i>altura do piso até a luminária</i> ) :	m
Cor do teto :	%
Cor da parede:	%
Cor do piso :	%
Altura do Plano de Trabalho:	m
Fator de Depreciação <sup>8</sup> (FD):	%

$$RCR^9 = \frac{5 \times h \times (L+C)}{L \times C},$$

Onde h = Pé direito – Plano de Trabalho<sup>10</sup> (m).

Com a escolha da luminária a ser utilizada, bem como o tipo de lâmpada e o Fator do Local (RCR), acha-se o Fator de Utilização, conforme Figura 17.

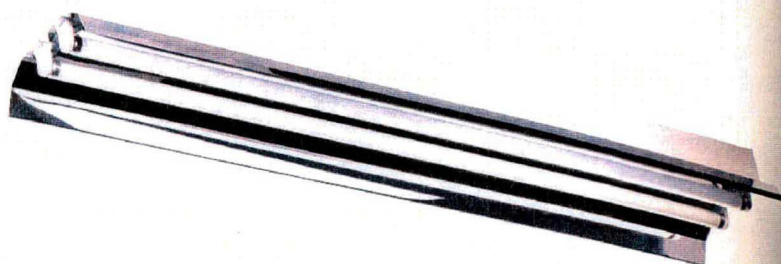
das

<sup>8</sup> como está sendo utilizado alumínio anodizado de alta pureza com índice de reflexão de 98% (2% de perda), utiliza-se o fator de depreciação de 98%.

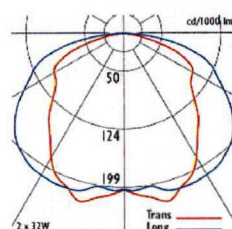
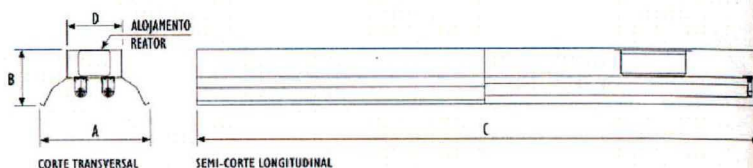
<sup>9</sup> Guia de cálculo luminotécnico; fonte: LUMICENTES, 2002.

<sup>10</sup> Caso não se saiba a altura do plano de trabalho a NB – 57 determina que seja 0,75m.

**lâmpada** fluorescente tubular  
**corpo** chapa de aço galvanizada e pintada  
**refletor** alumínio anodizado 350G de alta pureza e refletância  
**instalação** sobrepor ou pendente



código comercial	lâmpada	A	B	C	D
LITR216	2x16/18/20W	240	120	640	120
LITR132	1x32/36/40W	240	120	1240	120
LITR232	2x32/36/40W	240	120	1240	120
LITR258	2x58W	240	120	1540	120
LITR2110	2x110W	320	142	2460	130



TETO (%)	50	70		50		30		0	
PAREDE (%)	50	70		50		30	10	0	
PISO (%)	20	20		20		20	20	0	
RCR	Fator de Utilização								
0	86	86	86	82	82	82	78	78	74
1	74	71	68	71	68	68	68	66	60
2	64	59	54	61	57	53	59	55	52
3	55	49	45	53	48	44	51	47	43
4	49	42	37	47	41	37	45	40	36
5	43	37	32	42	36	32	40	35	31
6	39	32	28	38	32	27	36	31	27
7	35	29	24	34	28	24	33	28	24
8	32	26	22	31	25	21	30	25	21
9	29	23	19	29	23	19	28	23	19
10	27	21	17	26	21	17	26	21	17

Figura 17 – Dados da luminária com os Fatores de Utilização (LITR).

#### ◆ Cálculo do Número de Luminárias

Para o cálculo do número de luminárias, utiliza-se a seguinte expressão:

$$N^{\circ} \text{ luminárias} = \frac{(L \times C) \times E}{\text{Fluxo luminoso} \times \text{FU} \times \text{FD}}$$

Onde:

- L - Largura do Ambiente (m)
- C - Comprimento (m)
- E - Iluminância (m)
- FU - Fator de Utilização (%)
- FD - Fator de Depreciação (%)

O total do fluxo luminoso é em função do tipo e quantidade de lâmpadas a serem utilizadas nas luminárias de acordo com o catálogo do fabricante.

### 3.4 AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO

#### 3.4.1 Dados do Ambiente

Após todos os cálculos realizados, faz-se o preenchimento da Planilha 2 para o ambiente existente e o proposto.

Planilha 02 - Dados do ambiente existente.

LOCALIZAÇÃO	BLOCO N <sup>o</sup> . =                      PAV. N. =
IDENTIFICAÇÃO	SALA. N <sup>o</sup> =
DIMENSÕES	L =              m              C =              m
ÁREA	L x C =              m <sup>2</sup>
ALTURA DO PÉ DIREITO (h)	h =              m
TIPO DE LUMINÁRIA	MODELO =
ILUMINÂNCIA DESEJADA	E =              lux
ILUMINÂNCIA EXISTENTE	E =              lux
QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS	N <sup>o</sup> . LUMINÁRIAS =
POTÊNCIA ATIVA TOTAL MEDIDA	P =              W
FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO	FP =              %
RELAÇÃO W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> =              W/m <sup>2</sup>
UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE	N <sup>o</sup> HORAS/DIA =
CONSUMO TOTAL kWh/mês	kWh/mês =              kWh
VALOR MÉDIO DO kWh e/ou kWh	kWh = R\$ =
VALOR TOTAL	R\$ =



### 3.4.2 Cálculo do Consumo Total

Após o levantamento de todos os dados do ambiente existente e do ambiente a ser reformado com sistema mais eficiente, deve ser feito o comparativo de custos, para viabilizar ou não a reforma.

Por exemplo:

$$\text{Consumo total kWh/mês} = \frac{\text{potência ativa total (W)} \times \text{N}^{\text{o}} \text{ horas/dia} \times \text{N}^{\text{o}} \text{ de dias}}{1000}$$

$$\text{Consumo Total kWh/mês} = \frac{903,7 \times 14 \times 22}{1000}$$

$$\text{Consumo Total kWh/mês} = 278,34 \text{ kWh.}$$

E com isso, pode-se calcular o valor a ser pago em reais através da expressão:

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{consumo total kWh/mês} \times \text{valor médio kWh}$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = 278,34 \times 0,22$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{R\$ } 61,23$$

### 3.4.3 Cálculo da Economia com o Novo Sistema

Calcula-se o valor da energia elétrica a ser economizada por mês, pela expressão:

$$\text{Economia em kWh/mês} = C_{\text{ex}} - C_{\text{ef}},$$

onde:  $C_{\text{ex}}$  = consumo total kWh/mês do ambiente existente, e

$C_{\text{ef}}$  = consumo total kWh/mês do ambiente eficiente.

E assim calcula-se o valor em *reais* a ser economizado, pela expressão:

$$\text{Economia R\$} = \text{R\$ existente} - \text{R\$ eficiente},$$

onde : R\$ existente, e

R\$ eficiente.

## 4 ESTUDO DE CASO

O Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), Unidade de Curitiba, objeto do presente estudo, conta atualmente com uma área construída total de 40.784,56 m<sup>2</sup>, sendo que 9,93% deste total corresponde a salas de aulas, 34,61% a laboratórios, 21,19% a ambientes administrativos e os restantes 34,27% aos demais ambientes (*biblioteca, áreas esportivas, teatro, miniauditório, vídeo-conferência, áreas de lazer e outras*).

Abrange uma quadra inteira, entre as ruas Av. 7 de Setembro, Dez. Westphalen, Silva Jardim e Mel. Floriano Peixoto, centro de Curitiba, cuja planta geral (Figura 18), é constituída de 20 (*vinte*) blocos, sendo que o bloco U fica no lado oposto da Av. Silva Jardim, em frente ao CEFET-PR, onde são realizados cursos extraordinários.

### Mapa de Localização de Setores

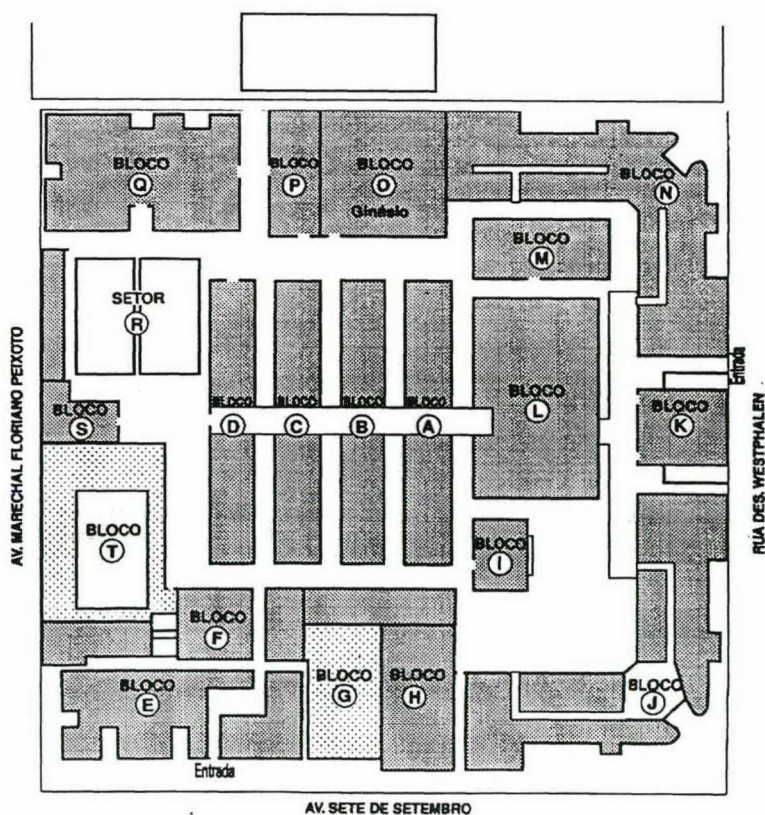


Figura 18 - Planta de situação com a distribuição de todos os blocos.

Os blocos têm suas áreas distribuídas em ambientes de atividades diversas (Tabela 20 ).

Tabela 20 – Ambientes de atividades por bloco.

Bloco	Nº de Pav.	Ocupação
A,B,C,D,Q	3	Laboratórios, salas de estudos e salas da administração
E	4	Agências bancárias, sala de estudos, salas de aulas e de desenho
F,G,H,I	2	Laboratórios, salas de aula, salas da administração, centro de processamento de
J	2	Salas da administração e laboratórios
K,N	2	Teatro, auditório e salas para administração
L	3	Salas de manutenção, pátio e biblioteca
M	2	Oficinas de manutenção, refeitório e salas de aula
O	1	Ginásio de esportes
P	2	Subestação central, departamento de patrimônio e almoxarifado central
R	1	Canchas externas
S	1	Miniginásio de esportes
T	1	Piscina, banheiros e setor de musculação
U	2	Administração e salas de aulas para cursos extraordinários

No CEFET-PR cerca de 80% de toda energia elétrica gasta, num total de 2.385.159 kWh em 2000, é para a iluminação dos ambientes (*administrativos, salas de aula e laboratórios*). Desta forma, é prudente que esforços sejam concentrados na redução do consumo de energia nos sistemas de iluminação da Instituição (KRÜGER, MIRANDA e CERVELIN, 2002).



#### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DO AMBIENTE EXISTENTE

Para apresentar a metodologia adotada foi selecionado o bloco C, sala 207, localizada no 2° pavimento.

Com a determinação do ambiente a ser transformado, procede-se o levantamento de dados do ambiente na Planilha 01.

Planilha 01 - Dados do ambiente existente.

Identificação do Ambiente									
Bloco	C	Sala	207	Pavimento	2				
		Dimensões		Área		88,60(m²)			
		Comprimento		8,86(m)					
		Largura		10,00(m)					
Características do Ambiente									
Cor	Piso	Parede	Móveis	Cortina	Tipo do ambiente				
	VERDE	BRANCA	BRANCO	AZUL	DESENHO				
Teto	Laje	Tipo	VIGAMENTO		Cor	BRANCA			
	Forro	Tipo			Cor				
Janela	Altura	1,52(m)			Vidro	Tipo	LISO		
	Largura	8,86(m)				Cor	BRANCO		
	Tipo	ALUMÍNIO			Espessura		4 (mm)		
	Cor	ALUMÍNIO							
	Esquadria	Tipo	ALUMÍNIO		N° de interruptores		2		
	Espessura		0,08(m)		Acionamento:				
Parapeito	Comprimento	00(m)			1—18				
	Largura	0(m)			1—18				
	Cor								
Dados da instalação existente									
Altura do piso até a luminária		2,54 (m)							
Altura do piso até o teto		3,03 (m)							
Altura do plano de trabalho		0,80 (m)							
Nível de iluminância desejado		500 (lux)							
Nível de iluminância medido		602,56 (lux)							
Potência total	P	2 513 (W)							
		(Var)							
Corrente		(A)							

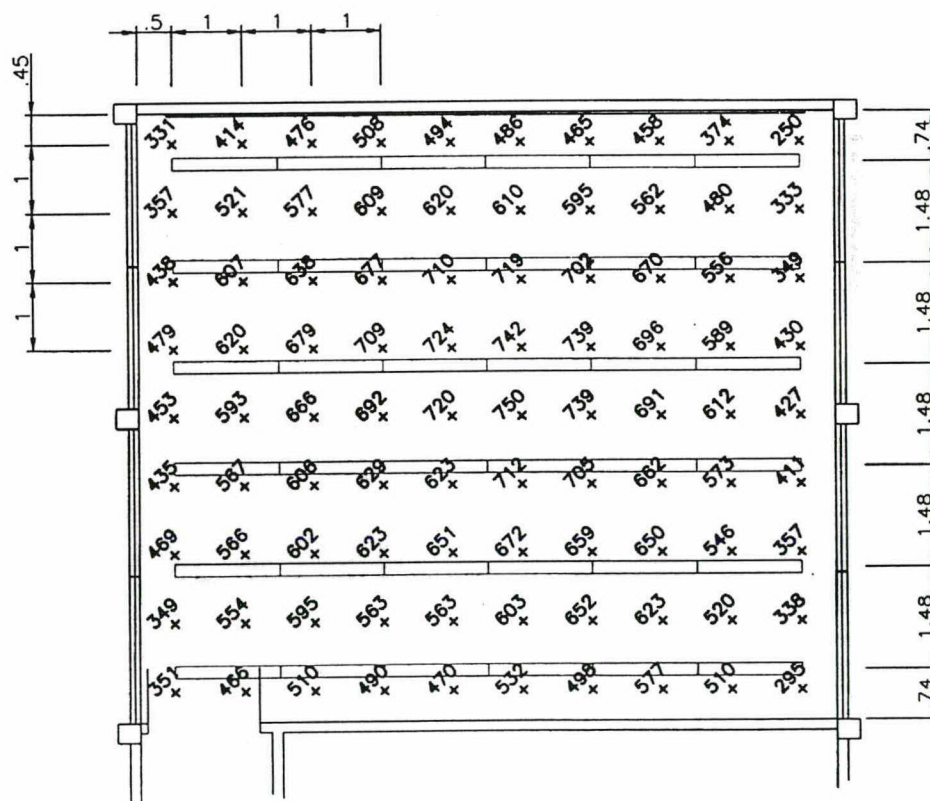


Luminária	Nova com refletor	
	Antiga	X

Tipo de luminária	LIT 1X65W
Tipo de lâmpada	65W
Nº de lâmpadas por luminárias	1
Nº de linhas	6
Nº de luminárias por linha	6
Nº total de luminárias	36
Posição das luminárias	NO ALINHAMENTO INFERIOR DAS VIGAS
INFRAESTRUTURA COM PERFILADO	
OBS.:	

#### 4.1.1 Iluminância Média do Ambiente Existente

Figura 19 - Distribuição das luminárias com o valor de iluminância no ambiente existente.



Neste subitem são apresentadas as medições da sala 207, bloco C, em análise, para a divisão do ambiente de metro em metro quadrado. Com o auxílio do luxímetro faz-se a medição da iluminância em todos os pontos, anotando-se os valores (Figura 19). Por último foi calculada a média dos valores, para se ter a iluminância média, aplicando-se a seguinte expressão:

$$E = \frac{\text{somatória do valor de todos os pontos}}{\text{número de pontos}}$$

$$E = \frac{54230}{90} \qquad E = 602,56 \text{ lux}$$

## 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA O AMBIENTE EFICIENTE

Para a realização dos cálculos para transformar um ambiente mais eficiente, deve-se partir de um ambiente já existente (Figura 20 e 21) e procurar calcular, em função das luminárias, reatores e lâmpadas energeticamente eficientes, existentes no mercado as que levam para uma economia maior. Inicia-se também preenchendo parte dos dados do ambiente na Planilha 01, pois os restantes dos dados serão calculados, ao invés de serem medidos.



Figura 20 – Sistema de iluminação convencional existente.

Fonte: ELETRICIDADE MODERNA, n.335 ( 2002).



Figura 21 – Sistema de iluminação de alto rendimento.

Fonte: ELETRICIDADE MODERNA, n.335 ( 2002).

## Planilha 01 - Dados do ambiente eficiente.

**Identificação do Ambiente**

Bloco	C	Sala	301	Pavimento	3
Dimensões		Área		88,60(m²)	
Comprimento		8,86(m)			
Largura		10,00(m)			

**Características do Ambiente**

Cor	Piso	Parede	Móveis	Cortina	Tipo do ambiente	
	VERDE	BRANCA	BRANCO	AZUL	DESENHO	
Teto	Laje	Tipo	VIGAMENTO		Cor	BRANCA
	Forro	Tipo			Cor	
Janela	Altura	1,52(m)		Vidro	Tipo	LISO
	Largura	8,86(m)			Cor	BRANCO
	Tipo	ALUMÍNIO		Espessura		4 (mm)
	Cor	ALUMÍNIO				
	Esquadria	Tipo	ALUMÍNIO		Nº de interruptores	2
	Espessura		0,08(m)		Acionamento:	
Parapeito	Comprimento	00(m)		1—18		
	Largura	0(m)		1—18		
	Cor					

**Dados da instalação existente**

Altura do piso até a luminária		2,54 (m)
Altura do piso até o teto		3,03 (m)
Altura do plano de trabalho		0,80 (m)
Nível de iluminância desejado		500 (lux)
Nível de iluminância calculado		(lux)
Potência total	P	(W)
		(Var)
Corrente		(A)
Luminária	Nova com refletor	X
	Antiga	
Tipo de luminária		LIT 1X32W
Tipo de lâmpada		32W
Nº de lâmpadas por luminárias		1
Nº de linhas		
Nº de luminárias por linha		
Nº total de luminárias		
Posição das luminárias		NO ALINHAMENTO INFERIOR DAS VIGAS
INFRAESTRUTURA COM PERFILADO		

Obs.:

#### 4.2.1 Escolha de Componentes para o Sistema Eficiente

As luminárias foram escolhidas para que haja versatilidade de uso em todos os ambientes, além de já existirem do mesmo modelo em vários ambientes na instituição. Para não trocar de luminária, foi comprado e dobrado o refletor de alumínio anodizado de alta pureza com índice de reflexão de 98% e fixado na luminária.

Os reatores escolhidos foram os eletrônicos com alto fator de potência e distorção harmônica total inferior a 5% e as lâmpadas escolhidas foram as trifósforo de 32W.

#### 4.2.2 Cálculo do Fator de Utilização (FU)

Para o cálculo do Fator de Utilização, são utilizados os dados (Tabela 23) e as expressões:

Tabela 21 – Dados do ambiente.

Comprimento (C) :	8,86 m
Largura (L) :	10 m
Pé direito:	2,54 m
Cor do teto :	Branco = 70%
Cor da parede:	Branca = 50%
Cor do piso :	Verde = 20%
Altura do Plano de Trabalho:	0,80 m
Fator de Depreciação (FD):	98 %

Com os dados acima, inicia-se calculando o índice do local.

$$RCR = \frac{5 \times h \times (L + C)}{L \times C} \quad RCR = \frac{5 \times 1,74 \times (8,86 + 10)}{8,86 \times 10}$$

RCR = 1,86 ..... vai para o valor escolhido 2.

$$h = \text{Pé direito} - \text{Plano de Trabalho (m)} \quad 2,54 - 0,80 = h = 1,74\text{m}$$

Levando-se estes dados para o catálogo do fabricante, encontra-se o Fator de Utilização igual a **FU= 54%**.

#### 4.2.3 Cálculo do Número de Luminárias

Para o cálculo do número de luminárias, utiliza-se a seguinte expressão:

$$N.^{\circ} \text{ luminárias} = \frac{(L \times C) \times E}{\text{Fluxo luminoso} \times FU \times FD}$$

$$N.^{\circ} \text{ luminárias} = \frac{(8,86 \times 10) \times 500}{2700 \times 0,54 \times 0,98}$$

$$N.^{\circ} \text{ luminárias} = 31 \text{ LUMINÁRIAS.}$$

Após o cálculo do número de luminárias, seja o ambiente quadrado ou retangular, são distribuídas nele, sempre observando que a distância entre as luminárias seja o dobro da distância em relação à luminária e a parede. Para que a distribuição seja equânime, pode ocorrer a necessidade do aumento ou da retirada de luminária.

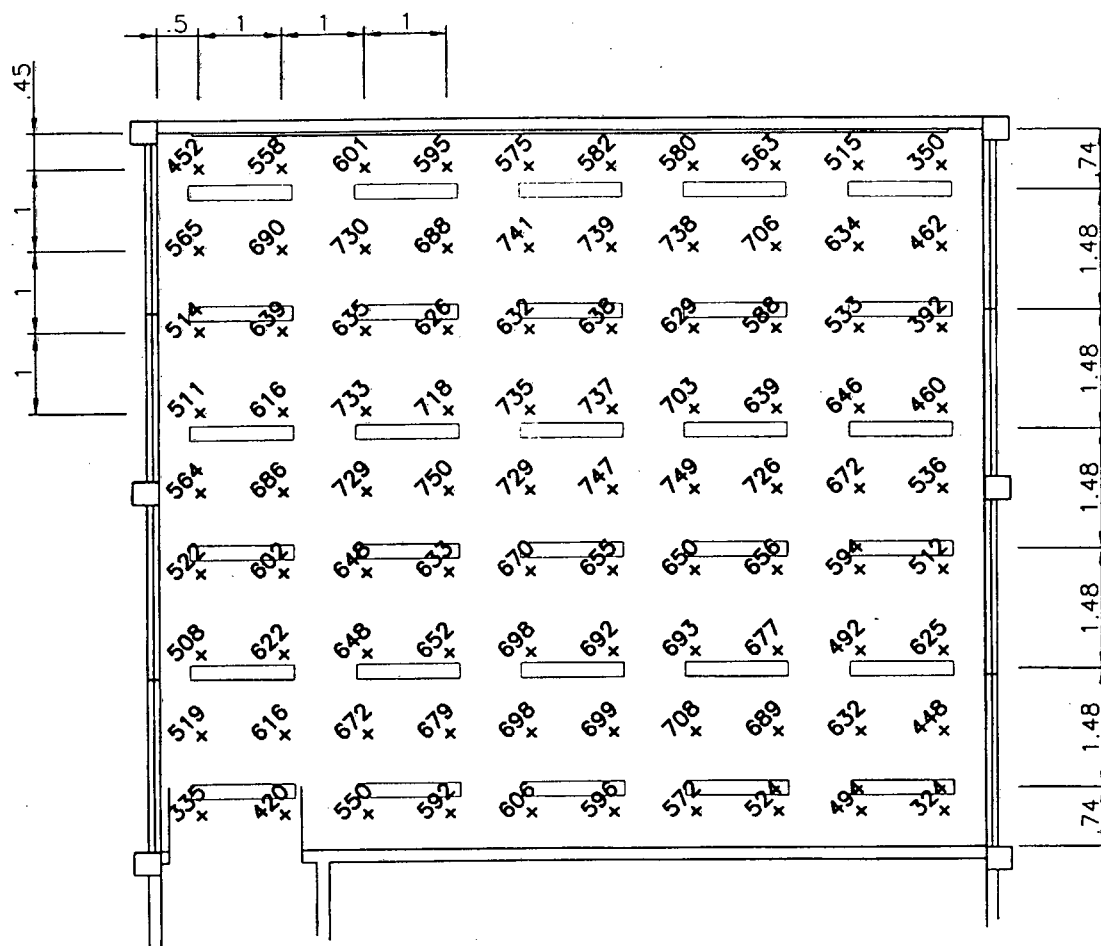


Figura 22 - Distribuição das luminárias e níveis de iluminância (em lux) para uma sala de aula após a troca das luminárias.

Com todos os pontos medidos, acha-se a iluminância média.

$$E = \frac{\text{somatória do valor de todos os pontos}}{\text{número de pontos}}$$

$$E = \frac{55098}{90}$$

$$E = 612,20 \text{ lux}$$

### 4.3 AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO

Para comparação dos ambientes foi realizado o preenchimento da Planilha 2 apresentada a seguir.

Planilha 02 - Dados do ambiente existente.

LOCALIZAÇÃO	BLOCO N <sup>o</sup> . = C      PAV. N. = 2
IDENTIFICAÇÃO	SALA. N <sup>o</sup> = C - 207
DIMENSÕES	L = 8,86 m      C = 10 m
ÁREA	L x C = 8,86x10 = 88,60 m <sup>2</sup>
ALTURA PÉ DIREITO (h)	h = 2,54 m
TIPO DE LUMINÁRIA	MODELO = LIT industrial N <sup>o</sup> . DE LÂMPADAS = 1 POTÊNCIA DA LÂMPADA = 65W
ILUMINÂNCIA DESEJADA	E = 500 lux
ILUMINÂNCIA EXISTENTE	E = 602,56 lux
QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS	N <sup>o</sup> . LUMINÁRIAS = 36
POTÊNCIA ATIVA TOTAL MEDIDA	P = 2.513 W
FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO	FP = 0,822i %
RELAÇÃO W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> = 28,36 W/m <sup>2</sup>
UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE	N <sup>o</sup> HORAS/DIA = 14 N <sup>o</sup> DE DIAS ÚTEIS/MÊS = 22
CONSUMO TOTAL kWh/mês	kWh/mês = 774 kWh
VALOR MÉDIO DO kWh e/ou kWh	kWh = R\$ = 0,22
VALOR TOTAL	R\$ = 170,20

Planilha 02 - Dados do ambiente proposto com sistema de iluminação eficiente.

LOCALIZAÇÃO	BLOCO N <sup>o</sup> . = C      PAV. N. = 2
IDENTIFICAÇÃO	SALA. N <sup>o</sup> = C - 207
DIMENSÕES	L = 8,86 m      C = 10 m
ÁREA	L x C = 8,86x10 = 88,60 m <sup>2</sup>
ALTURA PÉ DIREITO (h)	h = 2,54 m
TIPO DE LUMINÁRIA	MODELO = LIT industrial N <sup>o</sup> . DE LÂMPADAS = 1 trifósforo POTÊNCIA DA LÂMPADA = 32W
ILUMINÂNCIA DESEJADA	E = 500 lux
ILUMINÂNCIA EXISTENTE	E = 612,20 lux
QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS	N <sup>o</sup> . LUMINÁRIAS = 30
POTÊNCIA ATIVA TOTAL MEDIDA	P = 903,7 W
FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO	FP = 0,999C %
RELAÇÃO W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> = 10,20 W/m <sup>2</sup>
UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE	N <sup>o</sup> HORAS/DIA = 14 N <sup>o</sup> DE DIAS ÚTEIS/MÊS = 22
CONSUMO TOTAL kWh/mês	kWh/mês = 278,34 kWh
VALOR MÉDIO DO kWh e/ou kWh	kWh = R\$ = 0,22
VALOR TOTAL	R\$ = 61,23



#### 4.4 CÁLCULO DO CONSUMO TOTAL

##### 4.4.1 Cálculo do Consumo Total do Ambiente Existente

Para o cálculo do consumo total mensal do ambiente existente, utiliza-se a expressão a seguir:

$$\text{Consumo total kWh/mês} = \frac{\text{potência ativa total (W)} \times \text{N}^{\circ} \text{ horas/dia} \times \text{N}^{\circ} \text{ de dias}}{1000}$$

$$\text{Consumo Total kWh/mês} = \frac{2513 \times 14 \times 22}{1000}$$

$$\text{Consumo Total kWh/mês} = 774 \text{ kWh}$$

Com isto tem-se o valor a ser pago pelo consumo do mês para um ambiente existente, que é:

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{consumo total kWh/mês} \times \text{valor médio kWh}$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = 774 \times 0,22$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{R\$ } 170,20$$

##### 4.4.2 Cálculo do Consumo Total com o Novo Sistema

Para o ambiente a ser transformado, calcula-se o valor da energia elétrica a ser economizada por mês pela expressão:

$$\text{Consumo total kWh/mês} = \frac{\text{potência ativa total (W)} \times \text{N}^{\circ} \text{ horas/dia} \times \text{N}^{\circ} \text{ de dias}}{1000}$$

$$\text{Consumo total kWh/mês} = \frac{903,7 \times 14 \times 22}{1000}$$

$$\text{Consumo total kWh/mês} = 278,34 \text{ kWh.}$$

Com isto tem-se o valor a ser pago pelo consumo do mês para um ambiente eficiente que é:

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{consumo total kWh/mês} \times \text{valor médio kWh}$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = 278,34 \times 0,22$$

$$\text{Valor a ser pago R\$} = \text{R\$ } 61,23$$

O valor a ser pago encontrado é referente apenas um ambiente, mas o mesmo procedimento pode ser adotado para vários outros tipos de ambientes.

#### 4.4.3 Cálculo da Economia com o Novo Sistema

Após a realização dos dois cálculos, ou seja do ambiente existente e do ambiente a ser transformado, calcula-se o valor da energia elétrica a ser economizada por mês pela expressão:

$$\text{Economia em kWh/mês} = C_{ex} - C_{ef},$$

onde:  $C_{ex}$  = consumo total kWh/mês do ambiente existente, e

$C_{ef}$  = consumo total kWh/mês do ambiente eficiente.

$$\text{Economia em kWh/mês} = 774 - 278,34$$

$$\text{Economia em kWh/mês} = 495,66 \text{ kWh/mês}$$

E assim calcula-se o valor em reais a ser economizado, pela expressão:

$$\text{Economia R\$} = \text{R\$existente} - \text{R\$eficiente},$$

onde : R\$ existente, e

R\$ eficiente.

$$\text{Economia R\$} = 170,20 - 61,23$$

$$\text{Economia R\$} = 108,97$$

A economia é referente ao comparativo entre dois ambientes, um instalado com iluminação convencional e o outro com luminárias, reatores e lâmpadas eficientes que, comparado com o convencional, gerou uma economia de 36%.

#### 4.5 ESTIMATIVA DE ILUMINAÇÃO PARA TODA A UNIDADE DE CURITIBA

Caso seja substituído todo o sistema de iluminação convencional existente que ainda não sofreu nenhuma alteração pelo sistema mais eficiente, citado anteriormente, a economia será bastante significativa.

Na Tabela 24, tem-se o tipo de luminária e respectivas quantidades, a potência consumida e a energia total, considerando que os ambientes em estudo tenham uma utilização média de 14 horas por dia.

Tab. 22 – Luminárias existentes no Cefet-PR .

<b>Tipo de Luminária</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Consumida (kW)</b>	<b>Energia (kWh)</b>
1x20W	3	78	1,09
1x40W	839	43628	610,79
1x65W	1648	139256	1949,58
2x20W	9	468	6,55
2x40W	1330	138320	1383,20
2x65W	258	43602	610,43
3x40W	78	12168	170,35
4x40W	226	47008	658,11
3x20W	3	234	3,28
6x20W	12	1872	26,21
<b>TOTAL</b>	<b>4406 a substituir</b>		<b>5419,59 kWh/dia</b>

Para o cálculo foram considerados 22 dias úteis no mês, assim a energia consumida em iluminação, com o sistema convencional em um mês será de **119230,98 kWh/mês.**

Como em um ambiente eficiente conseguiu-se uma economia de 36%, aplicando-se este mesmo índice ao total de energia consumida no mês pelo sistema convencional, obter-se-á o total de economia em kWh/mês:

$$119230,98 \times 0,36 = 42923,15 \text{ kWh/mês}$$

Aplicando-se o valor da economia no mês em kWh, pelo valor médio do kWh, será obtida a economia em reais no mês:

$$42923,15 \times 0,22 = \text{R\$ } 9.443,09$$

Ou seja, caso todas as luminárias convencionais sejam substituídas pelas mais eficientes, a economia mensal será de **R\$ 9.443,09**, o que representa economia bastante significativa.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

As preocupações e as campanhas de conscientização no combate ao desperdício de energia elétrica foram intensificadas a partir de 2001, com a crise da energia elétrica.

Isto, além de despertar as autoridades para a necessidade de aumentar a geração de energia elétrica, provocou a busca de soluções a curto e médio prazo para promover o aumento da eficiência no uso da energia elétrica junto às unidades consumidoras, principalmente às dos órgãos públicos, dentre as quais está a instituição de ensino federal do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR – Unidade de Curitiba, para atender aos Decretos 3.330 de 6 de janeiro de 2000 e o 3.389 de 14 de abril de 2001, alterados pelo decreto 4131 de 14 de fevereiro de 2002.

Campanhas foram feitas para orientação, quanto à substituição do sistema de iluminação convencional para um sistema de iluminação mais eficiente.

Dentro do CEFET-PR, passou-se a observar, em suas dependências, o tipo de iluminação utilizada, procurando orientações de como se poderia economizar energia elétrica em iluminação elétrica.

Em decorrência a isto, surgiram estudos para saber o quanto se poderia economizar caso o sistema de iluminação atual fosse substituído por um sistema de iluminação mais eficiente, desde que não viesse a prejudicar a qualidade da iluminação, o ambiente e o bem-estar do usuário.

O presente trabalho apresenta um procedimento metodológico visando à reforma do sistema de iluminação de prédios públicos de ensino, a fim de promover a melhoria da eficiência luminosa, bem como para atender ao decreto 4.131 de 14 de fevereiro de 2002.

Este procedimento foi aplicado ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná- CEFET-PR- Unidade de Curitiba, obtendo-se resultados satisfatórios. Inicialmente foram levantados todos os dados com a real situação da iluminação de todos os ambientes da referida Instituição de Ensino, para poder avaliar as condições da iluminação existente.

Posteriormente, foram escolhidos dois ambientes similares para analisar suas condições; a seguir foram feitas as alterações em apenas um deles, para posteriormente comparar com o já existente, melhorando a pintura, efetuando a limpeza das luminárias, troca de reatores eletromagnéticos por eletrônicos e a utilização de lâmpadas fluorescentes de melhor rendimento e comercialmente utilizadas, de melhor fluxo luminoso agregado ao melhor preço de mercado, dados estes que foram levados em consideração, quando em solicitação ao departamento de compras da instituição, para que este trabalho realmente tivesse sua aplicação e avaliação.

Em função disto, já com os dois ambientes previamente determinados, foi mantido um dos ambientes com o sistema de iluminação existente, com 36 luminárias para uma lâmpada fluorescente de 36W com reator eletromagnético. Este ambiente possuía potência ativa medida total de 2513 W, com uma iluminância média de 602 lux.

Para o cálculo do consumo de energia elétrica total do ambiente, considerou-se que este seja utilizado 14 horas por dia, durante 22 dias no mês.

Com estes dados e considerando que o valor médio do kWh é de R\$ 0,22 (*vingte e dois centavos de real*), o valor a ser pago mensalmente para o ambiente convencional é de R\$ 170,20 (*cento e setenta reais e vinte centavos*).

No outro ambiente de características similares, aplicou-se o sistema de iluminação energeticamente mais eficiente, com a utilização de lâmpadas fluorescentes trifósforo de 32W, reator eletrônico de alto fator de potência, baixo índice de distorção harmônica e com a utilização de luminárias com a aplicação de refletores de alumínio anodizado de alta pureza, com índice de reflexão de 98%.

Neste ambiente foram utilizadas 30 luminárias para uma lâmpada fluorescente trifósforo de 32W. Assim a potência ativa medida total foi 903,7 W, com uma iluminância média de 612,2 lux. Mantendo-se os mesmos dados de uso do ambiente em número de horas por dia e dias do mês do ambiente convencional, bem como o preço do kWh que é de R\$ 0,22, o valor a ser pago é de R\$ 61,23 (*sessenta e um reais e vinte e três centavos*).

Comparando-se os ganhos com a aplicação do novo sistema, energeticamente mais eficiente, pode-se constatar, a seguir, as vantagens trazidas pela utilização desta metodologia, conforme hipótese levantada durante esta dissertação.

No ambiente convencional havia 36 luminárias com uma lâmpada fluorescente de 36W e no sistema mais eficiente foram instaladas apenas 30 luminárias com uma lâmpada fluorescente de 32W. Ainda, no ambiente convencional havia uma potência ativa medida total de 2513W contra 903,7W do ambiente eficiente, além de haver uma iluminância de apenas 602 lux no convencional enquanto com o novo sistema foram obtidos 612,2 lux.

A diferença mensal a ser paga é significativa se forem comparados os dois ambientes: R\$ 170,20 no sistema antigo para R\$ 61,23 no sistema novo, representando uma economia mensal de R\$ 108,97, ou o equivalente a 36% menos que em relação ao ambiente convencional (*já existente*).

Atualmente o CEFET-PR - Unidade de Curitiba possui 4.406 luminárias a serem substituídas, o que dá um consumo equivalente a 5.419,59 kWh por dia . Caso todas as luminárias sejam substituídas, mantendo os mesmos critérios estabelecidos neste trabalho, ter-se-á uma redução na fatura de energia elétrica por mês de R\$ 9.443,00, uma economia bastante significativa.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Geração, distribuição e consumo de energia é um assunto que deve ser levado mais a sério, pois a matéria-prima, atualmente, mais utilizada para a produção de energia elétrica é a água, elemento fundamental à existência humana.

Durante a realização deste trabalho, outros pontos de interesse surgiram para futuras pesquisas, como:

- Aplicação de materiais elétricos de maior capacitação, visando menor consumo de energia elétrica em ambientes industriais;
- Pesquisa visando ao aperfeiçoamento das luminárias e reatores, a fim de haver maior iluminância e menor consumo;
- Estudo de ambientes mais adequados, na construção civil, favorecendo os projetos elétricos no sentido de facilitar a instalação elétrica, buscando rendimento quanto à iluminação do ambiente,



- Pesquisa visando a construção de Programas em computadores, que realizem estudos comparativos, com fornecimentos de dados concretos de economia, entre instalações existentes e mais eficientes em instalações industriais, comerciais e residenciais.

Ainda há que considerar que, como se trata, a princípio, de uma visão nova neste campo, seria interessante a elaboração de novas pesquisas neste sentido para conhecimento e orientação de profissionais e mesmo para a população em geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABILUX. **Projeto garante segurança através da iluminação.** Associação Brasileira da Indústria de Iluminação. Jornal ABILUX, ano V, n. 56, 1995.

———. **AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA; ELETROBRÁS; PROCEL. Uso racional de energia elétrica em edificações - iluminação.** 2. Ed. São Paulo, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Iluminância de interiores.** NBR-5413: NB-57. Rio de Janeiro, 1991.

———. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Verificação de iluminância de interiores.** NBR-5382. Rio de Janeiro, 1985.

ALANODE. Catálogo Técnico. 2001.

ALVAREZ, A. L. M. **Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares.** Tese de Mestrado apresentada à UPUSP. São Paulo, 1998.

ASHRAE/IES. **Energy efficient design or new buildings except low-rise residential buildings.** ASHRAE/IES 90.1 – 1989. Illuminating Engineering Society of North America and American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, The United States of America, 1989.

BANDALA, A. I. **Importance of the Mexican lighting systems in commerce and services.** In: Right Light Three, 3<sup>rd</sup> European Conference on Energy-Efficient Lighting. Proceedings. Volume I: presented England, 1997.

BOGO, A. J. **Análise do desempenho térmico e verificação do potencial de uso da iluminação natural para edificações escolares.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.

BORG, N. **High-quality task lighting.** In: IAEEL International Association for Energy- Efficient Lighting, Newsletter 3/93. Issue n. 5, vol. 2; 1993.

[http://eff.nutek.se/IAEEL/IAEEL/news/1993/tre1993/HumFa\\_a\\_3\\_93.html](http://eff.nutek.se/IAEEL/IAEEL/news/1993/tre1993/HumFa_a_3_93.html).

———. **T5 lamps boost fluorescent lighting efficiency.** In: IAEEL International Association for Energy-Efficient Lighting. Newsletter 1/97. Issue 17. Vol. 6, 1997.

CADDET. **Saving energy with efficient lighting in commercial buildings.** Maxi brochure 01. CADDET Energy Efficiency – Centre for the analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands, 1995.

CALIFORNIA ENERGY COMISSION. Nonresidencial Manual of Compliance with the 1992 Energy Efficient Standards (for nonresidencial buildings, high-rise residencial buildings, and hotels/motels). State of California Energy Comission. July, 1992.

CATÁLOGOS TÉCNICOS. GE, Osram, Philips e Sylvania.

ELETROBRÁS. **Plano Decenal de Expansão 1999/2008.** Rio de Janeiro – RJ, 1999.

———. **Plano 2015 – Plano nacional de energia elétrica 1993 – 2015.** V.1. Rio de Janeiro, 1994.

ELETRICIDADE MODERNA, Perfil do setor de energia elétrica 2000. Aranda Ed.,ano XXVIII, n. 316, julho, 2000.

EPRI. **Lighting fundamentals handbook: Lighting fundamentals and principles for utility personnel.** Electric Power Research institute. Eley Associates. California, 1992.

\_\_\_\_\_. **Advanced lighting guidelines:** Electric Power Institute. California Energy Commission. U. S. Department of Energy. Washington, 1993.

GUELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil.** Rio de Janeiro: INEE, ACEEE, 1994.

GUELLER, Howard et al. Electricity conservation in Brazil: Potencial na progress. **Energy.** V. 12, n. 6, 1988.

GHISI, E. **Conservação e utilização de energia elétrica em edificações: estudo de caso para quatro edifícios públicos de Florianópolis – SC.** Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBI/CNPQ – 94/95. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1995.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

IAEEL. **Big Business sees then light.** IAEEL International Association for Energy-Efficient Lighting, Newsletter, vol 1,. 1992.  
[http://eff.nutek.se/IAEEL/IAEEL/news1/1992/ett1992/PrN\\_a\\_1\\_92.htm1](http://eff.nutek.se/IAEEL/IAEEL/news1/1992/ett1992/PrN_a_1_92.htm1).

IESNA. **Lighting handbook: reference & application. Illuminating Engineering Society of North America.** New York. 8<sup>th</sup> edition, 1995.

KOREAN NATIONAL TEAM. **New lighting systems.** In: New lighting systems, Newsletter 1996. CADDET Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands.

KRÜGER, Eduardo; MIRANDA, Percio Luiz Karam de; CERVELIN, Severino. **Otimização do Consumo de Eletricidade em uma Instituição de Ensino Superior**. Revista Eletricidade Moderna, n. 335, fevereiro. 2002. p. 196-215.

LAMBERTS, Roberto. **Eficiência energética na arquitetura**. Roberto Lamberts, Luciano Dutra/Fernando Oscar Ruttkay Pereira. São Paulo: PW, 1997. 192 p. Il.

LUMICENTER. **Engenharia de iluminação**. Catálogo geral 2000.

LOMARDO, L. L. B. **Consumo de energia nos grandes prédios comerciais: Estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Nuclear e Planejamento Energético. Rio de Janeiro: UFRJ, 1988.

MACEDO JR., A., SANCHES, C. R. M. **Aplicação de sistemas de iluminação em áreas com monitores de vídeo**. In: Eletricidade Moderna. Aranda Editora. Ano XXV, nº 277, abril/97. 1997.

MILLS, E. PIETRE, M. A. Advanced energy-efficient lighting systems: progress and potenciales. **Energy**. V. 18, n. 2. 1993.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – [1994] – Balanço Energético Nacional, Brasília, 1994.

NETO, E. P. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. Livraria Ciência e Tecnologia. Editora Ltda. São Paulo 1980.

OLIVEIRA, Ribamar. Alta Demanda Teve uma Baixa Oferta. **Jornal Valor Econômico – Energia**. Ano 2. n. 271. 2001.

OTTOSSON, A.; WIBOM, R. Office Lighting a Large-Scale Demonstration Project in Cooperation with Electricity Distributors. In: Right Light Three, 3<sup>rd</sup> European Conference on Energy – Efficient Lighting. Proceedings. Volume I: presented papers. England. 1995. p. 297-306.

PHILIPS. **Manual de iluminação**. Holanda. 3 ed. 1981.

PROCEL. **Manual de conservação de energia elétrica na indústria**, 1995.

\_\_\_\_\_. **Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**. Eficiência 1998.

ROMERO, M. A. **Método de avaliação do potencial de conservação de energia elétrica em campi universitário: O caso da cidade universitária Armando de Salles Oliveira**. Tese de Doutorado. Vol I e II. FAUSP. São Paulo, 1994.

ROSENFELD, A. H. **Energy efficient U. S. commercial buildings: successful and emerging strategies**. Workshop de eficiência energética em edificações. Rio de Janeiro. 1996.

SANTAMOURIS, M. **Energy retrofitting of office buildings**. Vol I: Energy efficiency and retrofit measures of offices. Series: Conservation in buildings. Editores: M. Santamouris & D. Asimakopoulos. University of Athens, Greece 1995.

SHOEPS, Carlos Alberto. **Conservação de energia elétrica na indústria: Faça você mesmo**. Carlos Alberto Shoeeps/José Rousso, 3ª ed. Rio de Janeiro: CNI, DAMPI, ELETROBRÁS/PROCEL, 1994. 2 volumes.

SMIT, L. **Iluminação – 1ª parte: iluminação interna**. Biblioteca Técnica Philips. Rio de Janeiro 1964.

THE EUROPEAN COMMISSION. **Daylighting in buildings**. The European Commission. Directorate – General for Energy (DGXVII). The THERMITE Programme Action. Dublin, 1994. 26 p.

TOLEDO, L. M. A. **Uso de energia elétrica em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis - UFSC, 1995.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Lighting upgrade manual**. 7 ed. 1995. <http://www.epa.gov/program.html> [11/10/2000].

## **ANEXOS**



## ANEXO I

**DECRETO Nº 4.131, DE 14 DE FEVEREIRO DE 2002**

Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 84, incisos IV e VI, alínea "a", da Constituição, e tendo em vista o disposto na Medida Provisória nº 2.198-5, de 24 de agosto de 2001, e

Considerando a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica, no âmbito da Administração Pública Federal;

**DECRETA:**

**Art. 1º** Os órgãos da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional deverão observar meta de consumo de energia elétrica correspondente a oitenta e dois vírgula cinco por cento da média do consumo mensal, tendo por referência o mesmo mês do ano 2000, a partir de fevereiro de 2002.

Parágrafo único. A meta de consumo prevista no **caput** não se aplica às áreas essenciais determinadas em portaria da Casa Civil da Presidência da República, mediante proposta do Ministério a que estejam vinculadas.

**Art. 2º** Os órgãos e as entidades da Administração Pública Federal deverão diagnosticar o grau de eficiência energética dos imóveis sob sua administração, com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projeto de redução do consumo de energia elétrica.

**Art. 3º** Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços, deverão ser adotadas especificações que atendam aos requisitos inerentes à eficiência energética.

**Art. 4º** As disposições deste Decreto deverão ser aplicadas, no que couber, às licitações em andamento para aquisição de equipamentos que consumam energia, bem como de obras e serviços de engenharia e arquitetura.

**Art. 5º** Os Ministérios promoverão, no âmbito de suas unidades, inclusive vinculadas, a conscientização dos servidores com relação à necessidade de redução do consumo de energia elétrica e à adequada utilização de iluminação e equipamentos.

**Art. 6º** As Comissões Internas de Redução de Consumo de Energia - CIRC dos órgãos e das entidades de que trata o **caput** do art. 1º assessorarão os dirigentes no atingimento das metas previstas, bem assim para fins de proposição de medidas que visem a eficiência energética.

**Art. 7º** O Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, com o apoio do Ministério da Fazenda e da Secretaria Federal de Controle Interno da Casa Civil da Presidência da República, apresentará, no prazo de quarenta e cinco dias, proposta, para inclusão na Lei de Diretrizes Orçamentárias para 2003, de regras para alocação dos gastos de energia elétrica e outras ações de natureza administrativa constantes do Programa 750 - Apoio Administrativo - às respectivas ações finalísticas do Governo e unidades consumidoras do serviço.

**Art. 8º** Os órgãos do Sistema de Controle Interno do Poder Executivo Federal avaliarão o cumprimento das disposições deste Decreto.

**Art. 9º** Caberá ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão a edição de atos complementares com vistas ao cumprimento do disposto neste Decreto.

**Art. 10.** Ficam revogados os Decretos nºs 3.818, de 15 de maio de 2001, e 3.840, de 11 de junho de 2001.

**Art. 11.** Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 14 de fevereiro de 2002; 181º da Independência e 114º da República.

*Este texto não substitui o publicado no D.O.U. 15.2.2002*

## ANEXO II

**DECRETO Nº 3.818, DE 15 DE MAIO DE 2001**

Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal.

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 84, incisos IV e VI, da Constituição, e tendo em vista o disposto na Medida Provisória nº 2.147, de 15 de maio de 2001, e a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica, no âmbito da Administração Pública Federal.

**DECRETA:**

**Art.1º** Os órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, deverão reduzir o seu consumo de energia elétrica, até março de 2002, tendo como referência o mesmo mês do ano anterior, em no mínimo:

I-quinze por cento no mês de maio de 2001;

II-vinte e cinco por cento no mês de junho de 2001; e

III-trinta e cinco por cento a partir de julho de 2001.

§1º Os resultados obtidos deverão ser comunicados, mensalmente, à Câmara de Gestão da Crise de Energia - GCE.

§2º Os Secretários-Executivos de Ministérios ficam diretamente responsáveis pelo acompanhamento e cumprimento das metas constantes nos incisos I, II e III deste artigo, inclusive em relação às respectivas entidades vinculadas.

§3º O não-atendimento das metas estabelecidas deverá ser pessoalmente esclarecido à GCE, pelos respectivos Secretários-Executivos, com as justificativas e especificações das ações suplementares.

§4º Caso a GCE não aceite as justificativas pelo descumprimento da meta de redução de que trata este artigo, os Secretários-Executivos, no caso da Administração direta, e os dirigentes máximos, no caso de entidades vinculadas, ficam sujeitos às penalidades previstas na legislação pertinente pelo descumprimento do disposto neste Decreto.

**Art.2º** Os órgãos e entidades da Administração Pública Federal deverão diagnosticar o grau de eficiência energética dos imóveis sob

sua administração, com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projeto de redução do consumo de energia elétrica.

**Art.3º** Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços deverão ser adotadas especificações que atendam os requisitos inerentes à eficiência energética.

**Art.4º** As licitações em andamento para aquisição de equipamentos que consumam energia, bem como de obras e serviços de engenharia e arquitetura, deverão se adequar, no que couber, às disposições deste Decreto.

**Art.5º** Os Ministérios promoverão, no âmbito de suas unidades, inclusive vinculadas, a conscientização dos servidores com relação à necessidade de redução do consumo de energia elétrica e a adequada utilização de iluminação e equipamentos.

**Art.6º** Provisoriamente, e sem prejuízo da jornada de trabalho a que se encontram sujeitos os seus servidores, o horário de funcionamento dos órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, será de 8:00 às 17:00 horas, com uma hora de intervalo, a partir de 1º de junho de 2001.

§1º O disposto neste artigo não se aplica:

I-aos serviços essenciais de atendimento médico hospitalar, segurança pública, pesquisa e produção de medicamentos;

II-às atividades de docência, mantidas por instituições federais de ensino;

III-às atividades permanentes de fiscalização e controle, especialmente, as aduaneiras e sanitárias; e

IV-a outros serviços, a critério do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (Revogado pelo Decreto nº 3.840, de 11.6.2001)

§2º Os sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos não-essenciais à segurança de prédio público somente poderão ser ativados trinta minutos antes do início do expediente e sua desativação deverá ocorrer, no máximo, trinta minutos após ao seu encerramento.

§3º Em caráter excepcional, os gabinetes dos Ministros de Estado, dos Secretários e dos titulares de autarquias e fundações poderão funcionar fora do horário definido no **caput**.

§3º Caberá aos Ministros de Estado, em caráter excepcional, definir os órgãos, as entidades ou as unidades administrativas, no âmbito de sua supervisão que, no interesse público, poderão

funcionar fora do horário definido no **caput**. (Redação dada pelo Decreto nº 3.840, de 11.6.2001)

**Art.7º** Os órgãos e entidades de que trata o **caput** do art. 1º instituirão, no prazo de cinco dias úteis contados da data de publicação deste Decreto, Comissões Internas de Redução de Consumo de Energia - CIRC, com vistas a assessorar os dirigentes no atingimento das metas previstas, bem assim para fins de proposição de medidas que visem a eficiência energética.

**Art.8º** O percentual de redução do consumo de energia elétrica a que estarão sujeitas as empresas públicas e sociedades de economia mista será de dez por cento superior ao daquele a ser fixado para as empresas privadas do mesmo setor.

**Art.9º** Caberá ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão a edição de atos complementares com vistas ao cumprimento do disposto neste Decreto.

**Art.10.** Ficam revogados os Decretos nºs 92.311, de 21 de janeiro de 1986 93.901, de 9 de janeiro de 1987, 3.330, de 6 de janeiro de 2000, 3.789, de 18 de abril de 2001 e 3.806, de 26 de abril de 2001.

**Art.11.** Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 15 de maio de 2001; 180º da Independência e 113º da República.

**FERNANDO HENRIQUE CARDOSO**

**José Jorge**

**Martus Tavares**

**Pedro Parente**

*Este texto não substitui o publicado no Diário Oficial da União de 16.05.2001*

### ANEXO III – Levantamento dos Ambientes

## Planilha 01 - Dados do ambiente eficiente.

## Identificação do Ambiente

Bloco	C	Sala	301	Pavimento	3
Dimensões		Área		88,60(m²)	
Comprimento		8,86(m)			
Largura		10,00(m)			

## Características do Ambiente

Cor	Piso	Parede	Móveis	Cortina	Tipo do ambiente
	VERDE	BRANCA	BRANCO	AZUL	DESENHO

Teto	Laje	Tipo	VIGAMENTO	Cor	BRANCA
	Forro	Tipo		Cor	

Janela	Altura	1,52(m)		Vidro	Tipo	LISO
	Largura	8,86(m)			Côr	BRANCO
	Tipo	ALUMÍNIO		Espessura		4 (mm)
	Cor	ALUMÍNIO				
	Esquadria	Tipo	ALUMÍNIO	N° de interruptores		2
	Espessura		0,08(m)	Acionamento:		

Parapeito	Comprimento	00(m)		1—18	
	Largura	0(m)		1—18	
	Cor				

## Dados da instalação existente

Altura do piso até a luminária	2,54 (m)	
Altura do piso até o teto	3,03 (m)	
Altura do plano de trabalho	0,80 (m)	

Nível de iluminância desejado	500 (lux)	
Nível de iluminância calculado	(lux)	
Potência total	P	(W)
		(Var)
Corrente		(A)
Luminária	Nova com refletor	X
	Antiga	

Tipo de luminária	LIT 1X32W
Tipo de lâmpada	32W
Nº de lâmpadas por luminárias	1
Nº de linhas	
Nº de luminárias por linha	
Nº total de luminárias	
Posição das luminárias	NO ALINHAMENTO INFERIOR DAS VIGAS
INFRAESTRUTURA COM PERFILADO	

Obs.:

Bloco	C
-------	---

Sala	307
------	-----

Pavimento	3
-----------	---

Iluminam  
ento  
existente

0331	0414	0476	0508	0494	0486	0465	0458	0374	0250
0357	0521	0577	0609	0620	0610	0595	0562	0480	0333
0438	0607	0638	0677	0710	0719	0702	0670	0556	0349
0479	0620	0679	0709	0724	0742	0739	0696	0589	0430
0453	0593	0666	0692	0720	0750	0739	0691	0612	0427
0435	0567	0606	0629	0623	0712	0705	0662	0573	0411
0469	0566	0602	0623	0651	0672	0659	0650	0546	0357
0349	0554	0595	0563	0563	0603	0652	0623	0520	0338
0351	0466	0510	0490	0470	0532	0498	0577	0510	0295
0331	0414	0476	0508	0494	0486	0465	0458	0374	0250
0357	0521	0577	0609	0620	0610	0595	0562	0480	0333
0438	0607	0638	0677	0710	0719	0702	0670	0556	0349
0479	0620	0679	0709	0724	0742	0739	0696	0589	0430
0453	0593	0666	0692	0720	0750	0739	0691	0612	0427
0435	0567	0606	0629	0623	0712	0705	0662	0573	0411
0469	0566	0602	0623	0651	0672	0659	0650	0546	0357
0349	0554	0595	0563	0563	0603	0652	0623	0520	0338
0351	0466	0510	0490	0470	0532	0498	0577	0510	0295



n°	LOCAL	C(m)	L(m)	H(m)	n°	LÂMPADAS	Luminária	FP reator	Pt Atual	LUX desejado
1	A- CORREDOR MECÂNICA	5,78	2,42	3,9	1	11X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	75	500
2	A- LAB ENG. PRODUÇÃO	5,85	8,24	2,96	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
3	A- 001	5,8	7,95	2,96	6	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	180	500
4	A- 001A	5,8	3,8	2,96	3	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	90	500
5	A- 002A- 002B- 002C- 002D- 002E	2,62	2,3	2,96	2	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	60	500
6	A- 003	5,03	10,45	3,64	12	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1800	500
7	A- 004	6,83	8,74	2,96	18	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	540	500
8	A- 004A	2,9	5,61	2,96	6	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	180	500
9	A- 004B / D- 002A	3,9	3	2,97	3	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	90	500
10	A- 005A / C- LAB SOLDAGEM	4,12	3,41	2,96	3	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	90	500
11	A- 006 / CAD / CAM	5,97	7,59	2,96	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
12	A- 007- FMIS - 009 LAB PRECISÃO	5,95	11,95	2,96	16	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	2400	500
13	A- 008 MINI LAB MECÂNICA - 010 LAMEC	6,13	5	2,96	8	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1200	500
14	A- 007A	6,03	3,68	2,96	4	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	120	500
15	A- CORREDOR A001/002	6,18	3,16	2,96	4	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	120	500
16	B- 001	7,83	10,65	2,96	14	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	2100	500
17	B- 002	10,65	10	2,7	10	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1500	500
18	B- 003A	5,64	5,91	2,68	4	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	600	500
19	B- 003B	4,6	3,31	2,68	2	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	300	500
20	C- 003C	5,38	6	2,68	4	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	600	500
21	B- 10A	6,13	9,21	3	12	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1800	500
22	B- 10B	6,13	4	3	4	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	600	500
23	B- 006 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	5,92	6,82	2,96	8	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	240	500
24	B- 007			3,9	10	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1500	500
25	B- 008	8,98	8,18	3,9	12	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1800	500
26	B- 009	8,89	5,18	3,9	8	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1200	500
27	B- CORREDOR MECÂNICA / C CORREDOR	17,82	2,07	3,9	5	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	750	500
28	C- LAB 002/003	16	4,27	2,7	5	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	750	500
29	C- 001	7,36	11,75	2,7	12	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1800	500
30	C- 002/003	7,49	7,43	2,7	9	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1350	500
31	C- 004 USINAGEM E CONFORMAÇÃO	6,22	3,41	2,96	4	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	120	500
32	C- 005 LAB USINAGEM	10,11	11,78	3,9	14	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	2100	500
33	C- 006	6,15	6,89	3	8	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1200	500
34	C- LAMAP	6,04	4,64	2,86	4	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	600	500
35	C- LAB. PROJ	4,4	8,71	3	9	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	270	500
36	C- LAB SOLDA	12,07	8,37	3,9	12	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	1800	500
37	C- MICRO USINAGEM	4,61	3,21	2,84	2	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	300	500
38	C- SALAS 001A E 001B	3,25	3	2,97	2	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	60	500
39	C- DAMEC	5,66	7,1	3,9	4	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	600	500
40	D- ALMOXARIFADOI	4,35	2,05	3,04	3	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	180	500

41	D- SALAS 1, 2 E 3	2,9	4,08	3,04	4	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	240	500
42	D- MICROS	5,87	4,75	3,04	12	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	720	500
43	D- 001 FENOMENOS HIDRAULICOS	5,83	7,03	3,9	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
44	D- 002 LAB. ESTRUTURAS	10,65	10	3,9	25	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	750	500
45	D- 003 LAB ERGONOMIA	7,28	10	2,97	20	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	600	500
46	D- 003	6,04	10	3	20	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	1200	500
47	D- DAMEC DOOS	10,4	10	3,9	35	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	2100	500
48	D- DAMEC ENERGIA E FLUIDOS	7,49	5,97	3,9	15	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	900	500
49	A- BWC / B- BWC / C- QUADROS / D- QUADROS	5,85	2,85	3,89	2	1X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	150	200
50	CORREDOR A/B/C/D	56,5	4,79	3,89	15	2X65W	LIT INDUSTRIAL	0,9	2250	100

	TOTAL DE LUMINARIAS	1X20W 0
		1X32W 97
		1X40W 0
		1X65W 9
		2X20W 0
		2X32W 193
		2X40W 0
		2X65W 251
		3X40W 0
		4X40W 0
		3X30W 0
		6X20W 0
		INC.. 0
		VM 0

n	LOCAL	C(m)	L(m)	H(m)	n°	LÂMPADAS	Luminária	FP reator	Pt Atual	LUX desejado
1	M- CORREDOR	12,73	7,74	2,71	6	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	180	100
2	M- 101	5,95	7,98	2,71	8	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	240	500
3	M- 103- 106	10,87	5,93	2,71	14	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	420	500
4	M- 102	7,48	7,98	2,71	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
5	M- 104	10,67	5,95	2,71	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
6	M- 105	7,52	8,75	2,71	15	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	450	500
7	M- CANTINA - LANCHE	20,02	7,78	2,52	36	1X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	1584	500
8	M- CANTINA - REFEITÓRIO	13,21	9,88	2,52	30	1X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	1320	500

	TOTAL DE LUMINÁRIAS	1X20W 0	
		1X32W 0	
		1X40W 66	
		1X65W 0	
		2X20W 0	
		2X32W 81	
		2X40W 0	
		2X65W 0	
		3X40W 0	
		4X40W 0	
		3X30W 0	
		6X20W 0	
		INC., 0	
		VM 0	

n	LOCAL	C(m)	L(m)	H(m)	n°	LÂMPADAS	Luminária	FP reator	Pt Atual	LUX desejado
1	Q- PATIO ENTRADA	9,2	6,3	3,26	6	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	528	100
2	Q- ESCADA	5,8	5,58	3,26	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	100
3	Q- DAELN (RECEPÇÃO)	3,21	6,07	3,45	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	500
4	Q- DAELN (SALA DOS PROFESSORES)	12,26	6,4	3,45	6	3X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	792	500
5	Q- DAELN 1	2,91	4,67	3,45	2	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	60	500
6	Q- DAELN 2	1,93	4,68	3,45	2	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	60	500
7	Q- DAELN 3	2,03	4,68	3,01	2	1X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	88	500
8	Q- DAELN 4	6,24	4,55	3,45	6	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	528	500
9	Q- DAELN - BWC M / F	2,87	1,37	3,45	1	60W	INCANDESCENTE	0,92	30	200
10	Q- DAELN (5, 6, 7, 8 E 9)	2,15	4,57	3,45	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	500
11	Q- DAELN 10	5,76	2,02	3,45	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	500
12	Q- DAELN 11	5,64	6,21	3,45	4	3X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	528	500
13	Q- NIFEN: (RECEPÇÃO)	11,33	6,2	3,7	8	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	704	500
14	Q- NIFEN: (LAB)	11,33	6,23	2,98	8	4X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1408	500
15	Q- 002	5,23	11,37	3,27	15	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1320	500
16	Q- 003/A	6,13	3,75	3,33	6	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	528	500
17	Q- 003/B	2,48	3,76	3,83	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	500
18	Q- 003/C	5	3,76	3,9	4	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	352	500
19	Q- 003- CORREDOR	7,57	2,4	3,9	3	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	264	100
20	Q- 004	6,22	5,6	3,63	4	4X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	704	500
21	Q- CORREDOR 000	12,45	2,92	3,26	4	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	352	100
22	Q- DITEC	11,3	6,22	3	8	3X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	1056	500
23	Q- DITEC (RECEPÇÃO) E DIACE (RECEPÇÃO)	2,91	3,01	3	1	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	88	500
24	Q- BWC - M / F	11,36	3,24	3	4	3X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	528	200
25	Q- NUPEM - SALAS (1, 5 E HALL)	3,23	2,64	3	1	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	88	500
26	Q- NUPEM - SALAS (2, 3 E 4)	2,6	2,6	3	1	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	88	500
27	Q- NUPEM - SALA 6	3,12	6,2	3	3	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	264	500
28	Q- ESCADAS 1 E 2	5,78	2,84	3,87	1	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	88	100
29	Q- ESCADA MENOR	4,22	3,08	3,87	1	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	30	100
30	Q- CORREDOR 1	38,45	2,84	3	7	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	210	100
31	Q- ALMOXARIFADO DAELN	6,24	5,72	2,91	6	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	180	500
32	Q- 101- 102- 103- 104- 105- 106- 107- 108- 109- 110- ALMOXARIFADO DAELN B	11,35	6,23	2,91	12	2X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	360	500
33	Q- CORREDOR 2	38,45	2,84	2,91	7	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	616	100
34	Q- 201- 202- 204- 205- 206- 211- 212	11,52	6,22	2,91	12	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1056	500
35	Q- 203	11,5	6,24	3	8	4X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1408	500
36	Q- 207- 208	6,25	11,52	2,88	12	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1056	500
37	Q- 209/A	2,51	2,06	2,88	1	2X32W	-	0,98	30	500
38	Q- 209	4,95	4,27	2,88	3	2X32W	-	0,98	90	500
39	Q- 209/C	6,25	6,45	2,88	9	2X32W	-	0,98	270	500
40	Q- CORREDOR 209	5,06	1,95	2,88	2	2X32W	-	0,98	60	100

41	Q- 210	11,34	6,22	2,88	12	3X40W	LIT INDUSTRIAL	0,92	1584	500
42	Q- BWC - M / F, 1 E 2 ANDAR	5,63	2,75	2,88	2		INCANDESCENTE	0,92	60	200
43	Q- CORREDOR 3	38,45	3,3	2,88	11	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	968	100
44	Q- 301- 302- 304- 305- 306	6,34	10,84	2,58	12	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	1056	500
45	Q- 303 - LANAR / 313	5,43	4,48	2,58	4	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	352	500
46	Q- 303 CORREDOR	5,4	1,28	2,58	2	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	176	100
47	Q- 303 LAB	5,76	5,45	2,58	6	2X40W	LIT INDUSTRIAL	0,95	528	500
48	Q- 312- 308- 307	6,3	10,88	2,5	18	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	1080	500
49	Q- 310- 309	5,65	10,91	2,58	18	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	1080	500
50	Q- 311	6,41	5,8	2,5	9	1X32W	LITR INDUSTRIAL	0,98	540	500

	TOTAL DE LUMINÁRIAS	1X20W	0
		1X32W	99
		1X40W	2
		1X65W	0
		2X20W	0
		2X32W	185
		2X40W	285
		2X65W	0
		3X40W	38
		4X40W	20
		3X30W	0
		6X20W	0
		INC., 10	
		VM	0

TOTAL GERAL DE LUMINÁRIAS	1X20W/3
	1X32W/983
	1X40W/839
	1X65W/1648
	2X20W/9
	2X32W/1148
	2X40W/1330
	2X65W/258
	3X40W/78
	4X40W/226
	3X30W/0
	6X20W/12
	INC.193
	VM101